

**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN  
MARCOS**

**FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS**

**E.A.P. DE MECÁNICA DE FLUIDOS**

**ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES  
AL RECURSO HÍDRICO DEL PROYECTO DE  
EXPLORACIÓN MINERA CHIPTAJ**

**TESIS**

**Para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico De Fluidos  
Modalidad (M-1)**

**AUTOR**

**Gill Baca Vargas**

**Lima – Perú**

**2014**

A mis padres, porque creyeron en mí y porque me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final. Va por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho por mí.

A mis hermanos, tíos, primos abuelos y amigos, quienes fomentaron en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo de la vida. A todos los profesores que durante mis años universitarios se esforzaron por volcar sus conocimientos formando mi carácter profesional.

Mis palabras no bastarían para agradecerles su apoyo, su comprensión y sus consejos en los momentos difíciles. A todos, espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional.



## RESUMEN

---

En la presente tesis se ha desarrollado el Análisis de los Impactos Ambientales al Recurso Hídrico del Proyecto de Exploración Minera Chiptaj, de propiedad de Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. que ha tomado la decisión de realizar trabajos exploratorios en las inmediaciones del paraje Chiptaj, del distrito de Gorgor, provincia de Cajatambo, departamento y región de Lima.

El objetivo de la presente Tesis es el de generar una metodología básica para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental al Recurso Hídrico de un proyecto minero, en este caso en la parte de exploración. Para tal efecto se ha recopilado información teórica de entidades gubernamentales y privadas, nacionales y extranjeras, se ha revisado estudios de diversos proyectos mineros y se aplicaron al Proyecto de Exploración Minera Chiptaj, donde el que suscribe tuvo una participación activa.

En el Capítulo I se presentan las generalidades de la presente tesis, es decir se realiza una pequeña introducción del proyecto, se muestra la ubicación del mismo y se plantea la hipótesis de la presente tesis, la cual manifiesta que el Proyecto de Exploración Minera Chiptaj no generará impactos significativos al recurso hídrico dentro de su área de influencia. En el Capítulo II se presentan los objetivos de la presente tesis, los cuales guardan estrecha relación con la hipótesis planteada.

En el Capítulo III se presenta el marco teórico para la elaboración de un estudio de impacto ambiental al recurso hídrico, el cual incluye el marco legal vigente en nuestro país, las metodologías para la evaluación de impactos ambientales al recurso hídrico, elaboración del plan de manejo ambiental hídrico y elaboración del plan de cierre conceptual.

En el Capítulo IV se muestran los estudios realizados (relativos al recurso hídrico) para el Proyecto de Exploración Minera Chiptaj, describiendo la fisiografía, geomorfología, geología, suelos, hidrografía, hidrología, hidrogeología e hidrogeoquímica; también se describe la calidad del agua y la descripción de las actividades a realizar durante los trabajos de exploración donde se incluyen las obras de control hídrico necesarias para minimizar el impacto del proyecto de exploración.



En el Capítulo V se presentan los resultados de la evaluación de impactos ambientales al recurso hídrico, el plan de manejo ambiental hídrico, el plan de cierre y los diseños de las obras de control hídrico.

Finalmente en el Capítulo VI se presentan las conclusiones y recomendaciones de la presente tesis. En base de los resultados podemos afirmar que la hipótesis planteada es valedera, ya que los impactos identificados se encuentran dentro del rango de “Moderados” a “Leves”, siempre que se construyan las obras de control hídrico. Todos los impactos al recurso hídrico identificados, tienen un carácter eminentemente temporal, debido al corto periodo de vida del proyecto (aproximadamente 02 años) y porque luego de este tiempo se prevé que no existirán impactos residuales de significancia. El agua, por la naturaleza del recurso que representa, debe ser tratada con sumo cuidado. Según la evaluación realizada, el proyecto no representará alteración significativa sobre los volúmenes de agua ni alteración negativa de la calidad de esta, debido a que el diseño contempla una serie de dispositivos de control preventivo, sistemas de recirculación y recuperación de lodos (pozas de sedimentación), obras de control hídrico, etc. que evitarán los potenciales impactos negativos. Es importante destacar que las consideraciones de los estudios técnicos para el diseño de los componentes del Proyecto de Exploración Minera Chiptaj, garantizan el funcionamiento ambientalmente seguro de los mismos. Esta garantía técnica, sumada a las acciones de prevención y vigilancia contempladas en el Plan de Manejo Ambiental y de Cierre, nos permite sustentar la viabilidad ambiental del proyecto en lo concerniente al recurso hídrico.



## ÍNDICE

---

<b>1.0</b>	<b>GENERALIDADES.....</b>	<b>1</b>
1.1	INTRODUCCIÓN .....	1
1.2	ANTECEDENTES.....	1
1.3	UBICACIÓN GENERAL.....	2
1.3.1	UBICACIÓN.....	2
1.3.2	VÍAS DE ACCESO.....	2
1.4	JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	3
1.5	HIPÓTESIS .....	4
<b>2.0</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>5</b>
2.1	OBJETIVO GENERAL .....	5
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	5
<b>3.0</b>	<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>6</b>
3.1	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL AL RECURSO HÍDRICO .....	6
3.1.1	INTRODUCCIÓN .....	6
3.1.2	HISTORIA.....	7
3.1.3	MARCO LEGAL.....	8
3.1.4	ANÁLISIS DE IMPACTOS AMBIENTALES AL RECURSO HÍDRICO .....	12
3.1.5	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.....	13
3.1.5.1	Antecedentes.....	14
3.1.5.2	Descripción del Medio Ambiente .....	16
3.1.5.3	Descripción de las Actividades a Llevarse a Cabo.....	26
3.1.5.4	Impactos Previsibles al Medio Ambiente .....	30
3.1.6	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL .....	39
3.1.7	PLAN DE CIERRE CONCEPTUAL .....	40
3.1.7.1	Actividades de Cierre.....	40
3.1.8	MONITOREO Y MANTENIMIENTO POST – CIERRE.....	42
3.1.8.1	Mantenimiento Geoquímico .....	42
3.1.8.2	Mantenimiento Hidrológico .....	44
3.1.8.3	Monitoreo de la Estabilidad Geoquímica .....	44



3.1.8.4	Monitoreo del Manejo de Aguas.....	46
3.2	OBRAS DE CONTROL HÍDRICO .....	46
3.2.1	INTRODUCCIÓN .....	46
3.2.2	ESTUDIOS BÁSICOS REQUERIDOS.....	46
3.2.2.1	Topografía.....	46
3.2.2.2	Geología.....	47
3.2.2.3	Geotecnia.....	48
3.2.2.4	Estudios de Peligro Sísmico .....	48
3.2.2.5	Geoquímica.....	49
3.2.2.6	Hidrología .....	50
3.2.2.7	Hidrogeología .....	50
3.2.2.8	Calidad de Agua e Hidrogeoquímica .....	51
3.2.3	DISEÑO DE LAS OBRAS DE CONTROL HÍDRICO .....	51
3.2.3.1	Drenaje Superficial .....	52
3.2.3.2	Sistemas de Subdrenaje .....	63
3.2.3.3	Pozas de Sedimentación.....	67
4.0	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>71</b>
4.1	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE INTERÉS .....	71
4.1.1	GENERALIDADES .....	71
4.1.1.1	Ubicación .....	71
4.1.1.2	Concesiones Mineras.....	71
4.1.1.3	Predio Superficial.....	72
4.1.1.4	Cuadro De Distancias A Centros Poblados Más Cercanos.....	72
4.1.1.5	Plano de Ubicación .....	73
4.1.1.6	Descripción de los Pasivos Ambientales del Área del Proyecto .....	73
4.1.1.7	Plano de Concesiones Mineras.....	73
4.1.1.8	Registros Fotográficos .....	74
4.1.2	FISIOGRAFÍA Y GEOMORFOLOGÍA .....	74
4.1.2.1	Descripción de la Fisiografía .....	74



4.1.2.2	Geomorfología.....	75
4.1.3	GEOLOGÍA.....	79
4.1.3.1	Geología Regional.....	79
4.1.3.2	Estratigrafía .....	80
4.1.3.3	Geología Local.....	84
4.1.3.4	Geología Estructural .....	89
4.1.3.5	Mineralización .....	90
4.1.3.6	Geodinámica.....	93
4.1.4	SUELOS DEL ÁREA LOCAL.....	95
4.1.4.1	Suelos Según su Origen .....	95
4.1.4.2	Capacidad de Uso Mayor de Suelos .....	96
4.1.4.3	Uso Actual de la Tierra.....	100
4.2	CARACTERIZACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO EN EL ÁREA DE ESTUDIO .....	102
4.2.1	INTRODUCCIÓN .....	102
4.2.2	HIDROGRAFÍA .....	102
4.2.2.1	Red Hidrográfica del Área del Proyecto .....	102
4.2.2.2	Inventario de Quebradas.....	103
4.2.2.3	Inventario de Manantiales y Bofedales .....	105
4.2.3	HIDROLOGÍA .....	107
4.2.3.1	Información Preliminar.....	107
4.2.3.2	Morfología y Fisiografía .....	108
4.2.3.3	Red de Drenaje .....	110
4.2.3.4	Tiempo de Concentración .....	110
4.2.3.5	Tratamiento de la Información Hidrometeorológica .....	111
4.2.3.6	Regionalización de Parámetros Hidrometeorológicos .....	120
4.2.3.7	Caracterización Climática .....	131
4.2.3.8	Generación de Caudales Medios.....	138
4.2.3.9	Generación de Caudales Máximos .....	145



4.2.3.10	Balance Hídrico .....	154
4.2.4	CALIDAD DEL AGUA .....	160
4.2.4.1	Metodología de Muestreo.....	160
4.2.4.2	Selección de Puntos de Monitoreo en Cuerpos Receptores .....	162
4.2.4.3	Análisis y Resultados de Calidad de Aguas .....	163
4.2.4.4	Selección de los Puntos de Monitoreo en Efluentes Mineros.....	167
4.2.4.5	Análisis y Resultados de la Calidad de Agua de los Efluentes de Mina .....	167
4.2.5	GEOQUÍMICA.....	169
4.2.6	HIDROGEOQUÍMICA .....	170
4.2.6.1	Introducción .....	170
4.2.6.2	Conductividad Eléctrica (C.E.).....	171
4.2.6.3	pH .....	173
4.2.6.4	Dureza.....	174
4.2.6.5	Composición Química.....	176
4.2.6.6	Sustancias Potencialmente Peligrosas.....	180
4.2.7	HIDROGEOLOGÍA .....	181
4.2.7.1	Introducción .....	181
4.2.7.2	Geofísica .....	182
4.2.7.3	Parámetros Hidrogeológicos Estimados.....	192
4.2.7.4	Niveles Freáticos.....	195
4.2.7.5	Unidades Hidrogeológicas .....	195
4.3	DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES A REALIZAR .....	196
4.3.1	UBICACIÓN.....	196
4.3.2	OBJETIVOS .....	197
4.3.2.1	Objetivo General.....	197
4.3.2.2	Objetivos Específicos .....	197
4.3.3	ACTIVIDADES MINERAS .....	198
4.3.3.1	Método de Exploración a Emplear .....	198





4.3.3.2	Determinación del Área Efectiva de Exploración .....	199
4.3.3.3	Fases del Proyecto de Exploración .....	200
4.3.3.4	Trabajos de Exploración Superficial.....	202
4.3.3.5	Labores Subterráneas.....	204
4.3.3.6	Depósito de Desmontes Generados por las Labores de Exploración Minera .....	206
4.3.3.7	Vías de Accesos.....	208
4.3.3.8	Componentes Aprobados en la DIA a Ser Utilizados en el EIASd ..	208
4.3.3.9	Componentes auxiliares del presente EIASd .....	209
4.3.3.10	Tratamiento del Agua de Infiltración de la Desmontera .....	213
4.3.3.11	Plataforma de Almacenamiento Temporal de Mineral .....	214
4.3.3.12	Plano de Componentes del Proyecto.....	215
4.3.3.13	Volumen Estimado del Consumo de Agua Doméstico y Poblacional .....	215
4.3.3.14	Volumen Estimado del Consumo de Agua Consumo Industrial .	216
4.3.3.15	Generación de Aguas Residuales .....	218
4.3.4	TRABAJADORES REQUERIDOS PARA EL PROYECTO .....	219
4.3.5	CRONOGRAMA MENSUAL DE LAS ACTIVIDADES DE EXPLORACIÓN ..	220
4.4	OBRAS DE CONTROL HÍDRICO .....	222
4.4.1	CANAL DE CORONACIÓN .....	222
4.4.2	SISTEMA DE SUBDRENAJE .....	224
4.4.3	POZA DE SEDIMENTACIÓN .....	228
5.0	<b>CÁLCULOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>231</b>
5.1	OBRAS DE CONTROL HÍDRICO .....	231
5.1.1	CANAL DE CORONACIÓN .....	231
5.1.2	SISTEMA DE SUBDRENAJE .....	231
5.1.3	POZA DE SEDIMENTACIÓN .....	232
5.1.4	OBRAS COMPLEMENTARIAS.....	232
5.2	IMPACTOS POTENCIALES DE LA ACTIVIDAD .....	233
5.2.1	ACTIVIDADES DEL PROYECTO .....	234



5.2.2	FACTORES AMBIENTALES RECEPTORES DE LOS POTENCIALES	
	IMPACTOS .....	235
5.2.3	METODOLOGÍA APLICADA .....	235
5.2.3.1	Criterios de Evaluación .....	236
5.2.4	DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DEL PROYECTO .....	239
5.2.4.1	Etapas Pre – Exploratoria .....	239
5.2.4.2	Etapas Exploratoria .....	241
5.2.4.3	Etapas de Cierre .....	245
5.2.5	EVALUACIÓN GENERAL DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES SIN OBRAS	
	DE CONTROL HÍDRICO .....	248
5.2.6	EVALUACIÓN GENERAL DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES CON OBRAS	
	DE CONTROL HÍDRICO .....	248
5.3	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL HÍDRICO .....	249
5.3.1	DESCRIPCIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL HÍDRICO (PMAH). .....	249
5.3.1.1	Responsable del Plan de Manejo Ambiental Hídrico .....	249
5.3.1.2	Plan de Medidas de Prevención y de Mitigación Hídrica .....	250
5.3.1.3	Plan de Monitoreo Ambiental Hídrico.....	250
5.3.1.4	Plan de Contingencias Hídrico .....	250
5.3.2	ACCIONES DE PREVENCIÓN, CONTROL Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AL	
	RECURSO HÍDRICO .....	250
5.3.2.1	Control de las Aguas de Escorrentía y de la Erosión Hídrica .....	251
5.3.2.2	Medidas de Manejo y Protección de los Cuerpos de Agua .....	252
5.3.2.3	Manejo y Disposición Final de Lodos de Perforación .....	254
5.3.2.4	Manejo y Disposición Final de Aguas Residuales Domésticas.....	256
5.3.2.5	Manejo y Disposición Final de las Aguas Residuales .....	258
5.3.2.6	Medidas a Tomar en Caso de Interceptar un Acuífero Durante las	
	Actividades de Exploración.....	260
5.3.2.7	Ubicación de las Instalaciones Respecto a Bofedales, Manantiales,	
	Etc. ....	261
5.3.3	PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL .....	262



5.4	ACTIVIDADES DE CIERRE .....	264
5.4.1	CIERRE TEMPORAL.....	264
5.4.2	CIERRE PROGRESIVO.....	264
5.4.3	CIERRE FINAL.....	265
5.4.4	MANTENIMIENTO Y MONITOREO POST CIERRE.....	268
6.0	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	270
6.1	CONCLUSIONES.....	270
6.2	RECOMENDACIONES .....	275
7.0	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	276



## ANEXOS

---

**ANEXO A: DOCUMENTOS GENERALES DE UN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

- A.1 CONCESIÓN MINERA Y DECLARACIÓN JURADA
- A.2 DERECHO SUPERFICIAL
- A.3 PERMISOS DIVERSOS
- A.4 DOCUMENTOS DE LOS TALLERES INFORMATIVOS
- A.5 PASIVOS AMBIENTALES
- A.6 PANEL FOTOGRÁFICO
- A.7 HOJAS MSDS

**ANEXO B: ESTUDIOS BÁSICOS**

- B.1 HIDROLOGÍA
- B.2 CALIDAD DE AGUA
- B.3 GEOQUÍMICA
- B.4 PLANOS BASE

**ANEXO C: DISEÑO DE OBRAS DE CONTROL HÍDRICO**

- C.1 METRADOS
- C.2 PRESUPUESTOS
- C.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES
- C.4 PLANOS DE DISEÑO

**ANEXO D: MATRICES DE IMPACTO AMBIENTAL**

Nota: Debido a lo extenso de los anexos, solo se presentan ejemplos puntuales de los mismos.



## LISTA DE CUADROS

---

Cuadro N° 1.1: Ubicación UTM del punto central del Proyecto de Exploración Minera Chiptaj.....	2
Cuadro N° 1.2: Vías de acceso.....	3
Cuadro N° 3.1: Normatividad aplicada a EIA .....	9
Cuadro N° 3.2: Radio mínimo en función al caudal .....	55
Cuadro N° 3.3: Radio mínimo en canales abiertos para $Q < 20 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	55
Cuadro N° 3.4: Elementos de una curva .....	56
Cuadro N° 3.5: Valores de rugosidad “n” de Manning .....	59
Cuadro N° 3.6: Taludes apropiados para distintos tipos de material .....	59
Cuadro N° 3.7: Máxima velocidad permitida en canales no recubiertos de vegetación..	60
Cuadro N° 3.8: Velocidades máximas en hormigón en función de su resistencia .....	60
Cuadro N° 3.9: Borde libre en función del caudal.....	61
Cuadro N° 3.10: Borde libre en función de la plantilla del canal .....	62
Cuadro N° 4.1: Coordenadas UTM de las Concesiones mineras .....	72
Cuadro N° 4.2: Distancias a centros poblados más cercanos .....	73
Cuadro N° 4.3: Unidades geomorfológicas identificadas .....	76
Cuadro N° 4.4: Fracturas y Diaclasas existentes en el área de estudio .....	89
Cuadro N° 4.5: Clasificación de los Suelos según su capacidad de uso mayor .....	96
Cuadro N° 4.6: Categorías y subclases de uso actual.....	101
Cuadro N° 4.7: Relación de bofedales inventariados - marzo 2010 .....	107
Cuadro N° 4.8: Parámetros morfológicos de la microcuenca Chanquillo.....	108
Cuadro N° 4.9: Parámetros físicos de la microcuenca Chanquillo .....	109
Cuadro N° 4.10: Parámetros de la red de drenaje.....	110
Cuadro N° 4.11: Tiempo de concentración en horas.....	110
Cuadro N° 4.12: Estaciones meteorológicas .....	112
Cuadro N° 4.13: Periodo de Parámetros Utilizados.....	112
Cuadro N° 4.14: Relación precipitación vs altitud .....	121
Cuadro N° 4.15: Coeficientes de regionalización de precipitación total media anual ...	123
Cuadro N° 4.16: Relación precipitación máxima en 24h vs altitud – ubicación geográfica .....	124
Cuadro N° 4.17: Coeficientes de regionalización de precipitación máxima en 24horas media anual.....	125



Cuadro N° 4.18: Relación temperatura media anual vs altitud .....	126
Cuadro N° 4.19: Relación temperatura mínima media anual vs altitud .....	127
Cuadro N° 4.20: Relación temperatura máxima media anual vs altitud .....	127
Cuadro N° 4.21: Coeficientes de regionalización de temperatura .....	129
Cuadro N° 4.22: Relación humedad relativa media anual vs altitud – ubicación geográfica .....	130
Cuadro N° 4.23: Coeficientes de regionalización de humedad relativa .....	131
Cuadro N° 4.24: Precipitación total media mensual .....	132
Cuadro N° 4.25: Precipitación total máxima media mensual .....	133
Cuadro N° 4.26: Precipitación total mínima media mensual .....	133
Cuadro N° 4.27: Precipitación total media anual .....	133
Cuadro N° 4.28: Temperatura media mensual .....	134
Cuadro N° 4.29: Temperatura mínima media mensual .....	134
Cuadro N° 4.30: Temperatura máxima media mensual .....	135
Cuadro N° 4.31: Temperaturas medias, máximas y mínimas anuales .....	135
Cuadro N° 4.32: Humedad relativa media mensual .....	136
Cuadro N° 4.33: Evapotranspiración potencial total media mensual .....	136
Cuadro N° 4.34: Horas de sol total media mensual .....	137
Cuadro N° 4.35: Horas de sol total media anual .....	137
Cuadro N° 4.36: Velocidad del viento media mensual .....	137
Cuadro N° 4.37: Parámetros básicos modelo Lutz Schölz .....	140
Cuadro N° 4.38: Parámetros para la generación de descargas .....	140
Cuadro N° 4.39: Caudales medios mensuales – Método de Lutz Schölz .....	142
Cuadro N° 4.40: Caudales medios anuales – Método de Lutz Schölz .....	142
Cuadro N° 4.41: Frecuencia relativa de caudales ( $m^3/s$ ) en microcuenca de control Chanquillo .....	143
Cuadro N° 4.42: Frecuencia relativa de caudales ( $m^3/s$ ) en microcuenca de control Auquín .....	144
Cuadro N° 4.43: Resultados Análisis Probabilístico .....	146
Cuadro N° 4.44: Precipitaciones Máximas en 24h (mm) Para Diversos Tiempos de Retorno .....	146
Cuadro N° 4.45: Parámetros del Análisis Hidrológico IILA .....	148
Cuadro N° 4.46: Resultados HEC-HMS .....	154
Cuadro N° 4.47: Precipitación tres escenarios hidrológicos .....	157



Cuadro N° 4.48: Evapotranspiración de cultivo total media mensual en el área de estudio .....	158
Cuadro N° 4.49: Precipitación tres escenarios hidrológicos .....	158
Cuadro N° 4.50: Puntos del muestreo calidad de agua superficial (cuerpos receptores) .....	162
Cuadro N° 4.51: Puntos del muestreo calidad de agua superficial estiaje (cuerpos recetores).....	163
Cuadro N° 4.52: Resultados del monitoreo época húmeda – parámetros de campo....	163
Cuadro N° 4.53: Resultados del monitoreo época húmeda – parámetros fisicoquímicos .....	163
Cuadro N° 4.54: Resultados de análisis de calidad de agua época seca .....	165
Cuadro N° 4.55: Ubicación de puntos de monitoreo – efluentes.....	167
Cuadro N° 4.56: Resultados de análisis de efluentes.....	167
Cuadro N° 4.57: Distribución de metales.....	169
Cuadro N° 4.58: Composición y abundancia mineralógica de las muestras.....	170
Cuadro N° 4.59: Inventario de fuentes de agua.....	170
Cuadro N° 4.60: Valores de C.E.....	173
Cuadro N° 4.61: Valores de pH .....	174
Cuadro N° 4.62: Escala de dureza del agua.....	175
Cuadro N° 4.63: Dureza de las muestras analizadas.....	175
Cuadro N° 4.64: Resultados balance iónico .....	176
Cuadro N° 4.65: Tipos de agua.....	179
Cuadro N° 4.66: Ubicación de SEV .....	184
Cuadro N° 4.67: Valores de resistividad verdadera - Perfil A-A' .....	185
Cuadro N° 4.68: Valores de resistividad verdadera Perfil B-B' .....	186
Cuadro N° 4.69: Valores de resistividad verdadera perfil C-C' .....	187
Cuadro N° 4.70: Valores de resistividad verdadera Perfil D-D' .....	188
Cuadro N° 4.71: Valores de resistividad verdadera Perfil E-E' .....	190
Cuadro N° 4.72: Valores de resistividad verdadera Perfil F-F' .....	191
Cuadro N° 4.73: Permeabilidades estimadas de las formaciones geológicas .....	194
Cuadro N° 4.74: Niveles freáticos estimados en la zona del proyecto .....	195
Cuadro N° 4.75: Coordenadas UTM del punto central de exploración minera .....	197
Cuadro N° 4.76: Poligonal del Área Efectiva del proyecto.....	199
Cuadro N° 4.77: Plataformas de perforación diamantina .....	202



Cuadro N° 4.78: Descripción de la Cortada 3888.....	204
Cuadro N° 4.79: Programa de exploración minera subterránea .....	205
Cuadro N° 4.80: Criterios para el análisis de estabilidad .....	207
Cuadro N° 4.81: Factores de seguridad obtenidos en el análisis de estabilidad .....	207
Cuadro N° 4.82: Componentes y servicios autorizados en la DIA del proyecto Chiptaj .	209
Cuadro N° 4.83: Lista de componentes auxiliares .....	209
Cuadro N° 4.84: Coordenadas UTM de la plataforma de almacenamiento de mineral .	214
Cuadro N° 4.85: Ubicación del punto de abastecimiento de agua .....	215
Cuadro N° 4.86: Consumo de agua poblacional del proyecto de exploración Chiptaj ...	216
Cuadro N° 4.87: Ubicación del punto de abastecimiento de agua .....	217
Cuadro N° 4.88: Consumo de agua industrial requerido para el proyecto Chiptaj .....	217
Cuadro N° 4.89: Aguas residuales domésticas generadas - proyecto de exploración Chiptaj .....	219
Cuadro N° 4.90: Fuerza Laboral del Proyecto de Exploración Chiptaj .....	220
Cuadro N° 4.91: Cronograma de la actividad minera .....	221
Cuadro N° 4.92: Parámetros hidráulicos del canal de coronación .....	224
Cuadro N° 4.93: Caudal de diseño para subdrenes .....	226
Cuadro N° 4.94: Pendientes de los subdrenes.....	226
Cuadro N° 4.95: Diámetro preliminar de subdrenes .....	227
Cuadro N° 4.96: Diámetro de subdrenes .....	227
Cuadro N° 5.1: Características del canal de coronación .....	231
Cuadro N° 5.2: Características de subdrenes.....	231
Cuadro N° 5.3: Características de la poza de sedimentación .....	232
Cuadro N° 5.4: Actividades de la etapa pre-exploración .....	234
Cuadro N° 5.5: Actividades del proceso exploratorio .....	234
Cuadro N° 5.6: Actividades de la etapa de cierre del proyecto .....	234
Cuadro N° 5.7: Componentes ambientales considerados para la evaluación .....	235
Cuadro N° 5.8: Criterios para la evaluación de impactos ambientales.....	238
Cuadro N° 5.9: Resumen de evaluación de impactos – etapa pre-exploración .....	239
Cuadro N° 5.10: Resumen de evaluación de impactos – Etapa exploración sin Obras de Control Hídrico.....	243
Cuadro N° 5.11: Resumen de evaluación de impactos – Etapa exploración con Obras de Control Hídrico.....	243





Cuadro N° 5.12: Resumen de evaluación de impactos – Etapa de Cierre sin Obras de Control Hídrico.....	246
Cuadro N° 5.13: Resumen de evaluación de impactos – Etapa de Cierre con Obras de Control Hídrico.....	246
Cuadro N° 5.14: Ubicación de puntos de monitoreo de calidad de agua– cuerpos receptores.....	254
Cuadro N° 5.15: Ubicación de puntos de monitoreo – efluente .....	254
Cuadro N° 5.16: Características técnicas de la cortada 3388 – Nv. 4458 .....	259
Cuadro N° 5.17: Puntos de muestreos de la calidad de agua .....	263
Cuadro N° 5.18: Ubicación de Puntos de Monitoreo – Efluente .....	264



## LISTA DE FIGURAS

---

Figura N° 1.1: Ubicación general del Proyecto de Exploración Minera Chiptaj.....	3
Figura N° 3.1: Elementos de una curva.....	55
Figura N° 3.2: Relaciones geométricas de las secciones transversales más frecuentes...	58
Figura N° 3.3: Esquema de drenaje lateral con tuberías enterradas.....	64
Figura N° 3.4: Sedimentador (Planta y Corte Longitudinal).....	69
Figura N° 4.1: Red hidrográfica de la microcuenca Chanquillo.....	103
Figura N° 4.2: Subdivisión de la microcuenca Chanquillo.....	109
Figura N° 4.3: Cálculo de la ecuación de regresión múltiple de precipitación total con software Hidroesta .....	122
Figura N° 4.4: Cálculo de la ecuación de regresión múltiple de precipitación máxima en 24 horas con software Hidroesta.....	124
Figura N° 4.5: Cálculo de la ecuación de regresión múltiple de temperatura media anual con software Hidroesta.....	126
Figura N° 4.6: Cálculo de la ecuación de regresión múltiple de temperatura mínima media anual con software Hidroesta .....	128
Figura N° 4.7: Cálculo de la ecuación de regresión múltiple de temperatura máxima media anual con software Hidroesta.....	128
Figura N° 4.8: Cálculo de la ecuación de regresión múltiple de humedad relativa media anual con software Hidroesta.....	130
Figura N° 4.9: Rosa de los vientos área de estudio.....	138
Figura N° 4.10: Curva de frecuencias relativas microcuenca de control Chanquillo .....	143
Figura N° 4.11: Curva duración de caudales microcuenca de control Chanquillo .....	143
Figura N° 4.12: Curva de frecuencias relativas microcuenca Auquín .....	144
Figura N° 4.13: Curva duración de caudales microcuenca Auquín .....	145
Figura N° 4.14: Hietograma de diseño para T=500 Años de la microcuenca Chanquillo	149
Figura N° 4.15: Esquematización de la Microcuenca Chanquillo.....	150
Figura N° 4.16: Resultados Gráficos de Caudales Máximos PC, T=500 Años.....	154
Figura N° 4.17: C.E. ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) quebrada Auquín en sentido del flujo.....	172
Figura N° 4.18: C.E. ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) quebrada Chanquillo en sentido del flujo .....	172
Figura N° 4.19: C.E. ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) agua subterránea.....	172
Figura N° 4.20: Escala de pH .....	173
Figura N° 4.21: Variación del pH en las muestras .....	174



Figura N° 4.22: Diagrama de Scholler – Berkaloff para aguas subterráneas .....	177
Figura N° 4.23: Diagrama de Scholler – Berkaloff para quebrada Auquín.....	177
Figura N° 4.24: Diagrama de Scholler – Berkaloff para la quebrada Chanquillo .....	178
Figura N° 4.25: Diagrama de Piper.....	179
Figura N° 4.26: Curvas entre electrodos de corriente (AB/2) .....	183
Figura N° 4.27: Grafico de plataforma de perforación .....	203
Figura N° 4.28: Trazo del canal de coronación .....	222
Figura N° 4.29: Resultados para el canal de coronación con $S = 1.0\%$ .....	223
Figura N° 4.30: Resultados para el canal de coronación con $S = 4.3\%$ .....	224
Figura N° 4.31: Sistema de subdrenaje.....	225
Figura N° 4.32: Áreas de aporte a los subdrenes.....	225
Figura N° 4.33: Dimensionamiento subdren N° 1.....	227
Figura N° 5.1: Esquema de la recirculación de lodos.....	256
Figura N° 5.2: Propuesta de Cobertura para el depósito de desmonte.....	267



## LISTA DE FOTOS

---

Foto N° 4.1: Cerros y lomadas cordilleranas.....	77
Foto N° 4.2: Valle glaciar .....	77
Foto N° 4.3: Laderas.....	78
Foto N° 4.4: Laguna Tocto.....	78
Foto N° 4.5: Quebrada Auquín.....	79
Foto N° 4.6: Quebrada Chanquillo .....	79
Foto N° 4.7: Afloramiento de las vetas El poderoso Techo y Piso, emplazadas en dacitas argilizadas. Nótese las medias barretas antiguas que existen.....	91
Foto N° 4.8: Vista de la confluencia de quebrada Auquín con la quebrada Chanquillo .	105
Foto N° 4.9: Vista de la quebrada Chanquillo aguas arriba de la confluencia con la quebrada Auquín .....	105
Foto N° 4.10: Vista de la cabecera de la quebrada Auquín .....	106
Foto N° 4.11: Vista de la quebrada Auquín antes de la confluencia con la quebrada Chanquillo. ....	106



## CAPÍTULO I

### 1.0 GENERALIDADES

---

#### 1.1 INTRODUCCIÓN

Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. (CMBSAA) ha tomado la decisión de realizar trabajos exploratorios en las inmediaciones del paraje Chiptaj. En el área de exploración minera, tiene aprobada e inscrita registralmente a su favor la concesión minera por sustancias metálicas denominada: “Chacua 55”, la misma que se encuentra ubicada en el distrito de Gorgor provincia de Cajatambo, del departamento y región de Lima.

Dentro de este contexto, CMBSAA ha elaborado un programa de exploración minera en el cual considera realizar la construcción de diecisiete (17) plataformas de perforación, a efecto de realizar 28 sondajes secuenciales de perforación diamantina, en una longitud total de aproximadamente 7455 metros longitudinales y continuar una labor minera subterránea (Cortada 3888 Nivel 4458) iniciada en el DIA, así como la apertura de 08 nuevas labores.

El Proyecto de Exploración Chiptaj considera un programa de exploraciones, que tiene como objetivo principal obtener información que permita efectuar una evaluación preliminar de las condiciones geoeconómicas de la veta El Poderoso (Ramales Techo y Piso), que en la práctica resulta ser la prolongación hacia el sector SW de una de las estructuras trabajadas en la antigua mina Chanca, orientado a cuantificar reservas mineralógicas existentes en el área de dicho proyecto de exploración, dentro del marco de las normas aplicables que asegure su viabilidad técnica, económica y ambiental.

#### 1.2 ANTECEDENTES

Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. (CMBSAA) proyecta realizar el “Proyecto de Exploración Minera Chiptaj”, que se desarrollará en la jurisdicción política de los distritos de Gorgor, Cajatambo y Oyón, pertenecientes a las provincias de Cajatambo y de Oyón, departamento de Lima.



En este proyecto se realizarán trabajos de exploración minera clasificados dentro de la Categoría II, según el Reglamento Ambiental para las Actividades de Exploración Minera (Decreto Supremo N° 0200-2008-EM)); correspondiéndole por ende la presentación de un Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado.

## 1.3 UBICACIÓN GENERAL

### 1.3.1 UBICACIÓN

El Proyecto de Exploración Minera Chiptaj, políticamente se encuentra ubicado en los distritos de Gorgor, Cajatambo y Oyón, provincias de Cajatambo y Oyón, departamento de Lima. Ver Anexo B.4 – Plano de Ubicación del Proyecto (LB-01).

Geográficamente el proyecto está ubicado al noreste del departamento de Lima, ocupando las partes altas de la cuenca del río Pativilca, hacia la vertiente occidental de la cordillera Occidental de los Andes peruanos, con altitudes que varían entre 4300 y 4500 msnm. Se tiene como punto central del área de exploración las siguientes coordenadas UTM:

**Cuadro N° 1.1:** Ubicación UTM del punto central del Proyecto de Exploración Minera Chiptaj

Punto Central	Coordenadas UTM <sup>(1)</sup>		Altitud (msnm)
	Este	Norte	
Área de Exploración	293 426	8 831 916	4459

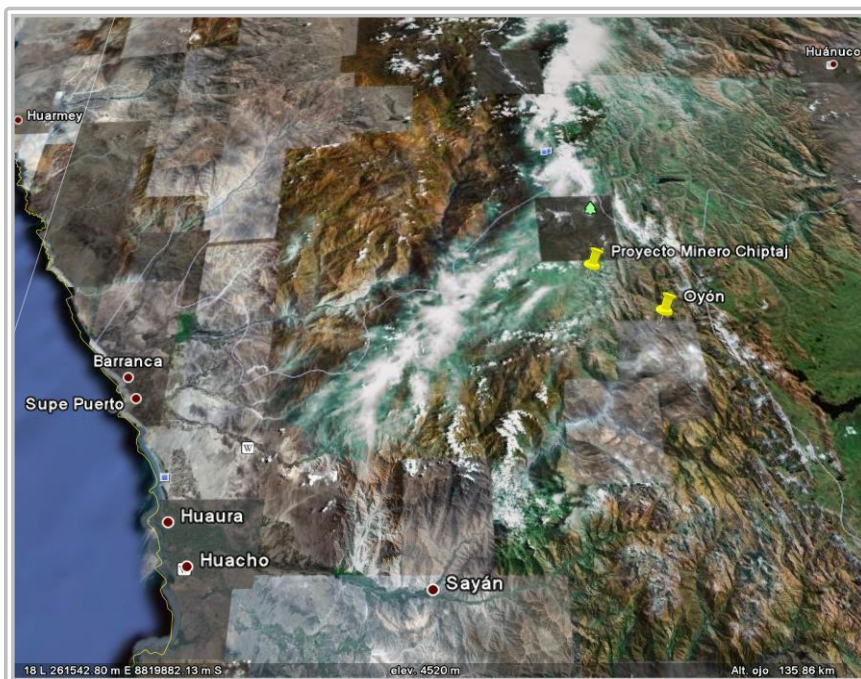
(1) Datum PSAD 56 – Zona 18L

Fuente: Elaboración propia

### 1.3.2 VÍAS DE ACCESO

El proyecto es accesible mediante vía terrestre, el recorrido se inicia en la ciudad de Lima a través de la Panamericana Norte hasta la localidad de Huaura (km 151). A partir de este punto se sigue hasta la localidad de Churín, luego se sigue la ruta hacia Oyón. Antes de llegar al poblado de Oyón se toma el desvío hacia Cajatambo, y a unos 35 minutos de recorrido se encuentra la zona del proyecto.

**Figura N° 1.1:** Ubicación general del Proyecto de Exploración Minera Chiptaj



Fuente: Google Earth

El área es accesible desde el Proyecto Mallay, perteneciente a Compañía de Minas Buenaventura S.A.A., mediante una carretera afirmada con un recorrido de 60 km, en camioneta 4x4 el tiempo de viaje es de 2.50 horas.

**Cuadro N° 1.2:** Vías de acceso

Vía	Distancia (km)	Observaciones
Lima – Huaura	151	Panamericana Norte (asfaltada)
Huaura – Sayán	54	Carretera asfaltada
Sayán – Churín	62	Carreta afirmada
Churín – Chanca 55	55	Carretera afirmada

Fuente: Elaboración propia

## 1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Si bien los beneficios económicos de la minería son altos, los impactos socio ambientales son tal vez mayores, si es que no se cuantifican y proponen los planes de mitigación adecuados. Para efectuar la identificación, cuantificación y mitigación de los posibles impactos generados se hace uso del Estudio de Impacto Ambiental (EIA), el cual al igual que los análisis económicos y estudios de viabilidad técnica, es un instrumento gerencial para los funcionarios y administradores que deben tomar decisiones importantes sobre grandes proyectos de desarrollo.



El propósito de llevar a cabo un EIA es establecer las condiciones ambientales existentes, dentro y en el ámbito de influencia del proyecto para evaluar los posibles impactos que puede ocasionar el proyecto e identificar las medidas de mitigación que serán necesarias para eliminar o minimizar los impactos a niveles aceptables. Dentro de las consideraciones ambientales destaca el recurso hídrico, el cual será estudiado a detalle en la presente tesis.

El porqué del desarrollo de la presente tesis se debe esencialmente para conocer el desarrollo de un estudio de impacto ambiental, el cual es un estudio técnico, de carácter interdisciplinario, que está destinado a predecir, identificar, valorar y corregir las consecuencias o efectos ambientales que determinadas acciones pueden causar sobre la calidad de vida del hombre y su entorno.

El estudiante de Ingeniería Mecánica de Fluidos debe conocer los procesos para la determinación del impacto ambiental, especialmente en el recurso hídrico, en proyectos mineros y de las medidas para mitigar estos impactos.

En efecto, el agua es un recurso natural escaso e indispensable para la vida y desarrollo de diferentes actividades productivas (agrícola, minera, energética, entre otras), entre las que se encuentra el desarrollo de la actividad minera. El aprovechamiento del recurso hídrico debe desarrollarse dentro de un contexto social, económico y ambiental; es decir, que su futuro uso no debe afectar o alterar tanto la cantidad y calidad de los derechos de uso de agua establecidos, así como, los usos ambientales del agua en la fuente; siendo necesario para su uso, tal como señala la legislación de recursos hídricos del país, contar con el correspondiente estudio de impacto ambiental.

## **1.5 HIPÓTESIS**

El Proyecto de Exploración Minera Chiptaj no generará impactos ambientales significativos sobre el Recurso Hídrico del área de influencia del proyecto, al implementarse las obras de control hídrico necesarias.





## CAPÍTULO II

### 2.0 OBJETIVOS

---

#### 2.1 OBJETIVO GENERAL

- Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental al Recurso Hídrico del Proyecto de Exploración Minera Chiptaj.

#### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar la caracterización del ambiente físico relacionado al Recurso Hídrico de la zona del proyecto a través de los estudios de línea base.
- Identificar y describir los impactos ambientales al Recurso Hídrico; proponiendo las medidas ambientales preventivas que deberá considerar el proyecto de exploración minera Chiptaj al inicio de las actividades de exploración; así como, las necesarias para corregir problemas ambientales hídricos futuros.
- Diseñar las obras de control hídrico que sean necesarias para minimizar el impacto del proyecto de exploración minera Chiptaj al medio ambiente hídrico.
- Proponer el Plan de Manejo Ambiental (PMA), de acciones y medidas necesarias para evitar, minimizar y/o compensar los efectos negativos a ser generados por el proyecto al Recurso Hídrico, así como para potenciar los efectos positivos del mismo.



## CAPÍTULO III

### 3.0 MARCO TEÓRICO

---

#### 3.1 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL AL RECURSO HÍDRICO

##### 3.1.1 INTRODUCCIÓN

El estudio de impacto ambiental es un instrumento importante para la evaluación del impacto ambiental de una intervención como es el caso del presente proyecto de exploración minera. Es un estudio técnico, objetivo, de carácter pluri e interdisciplinario, que se realiza para predecir los impactos ambientales que pueden derivarse de la ejecución de un proyecto, actividad o decisión política permitiendo la toma de decisiones sobre la viabilidad ambiental del mismo. Constituye el documento básico para el proceso de Evaluación del Impacto Ambiental.

La redacción y firma del estudio de impacto ambiental es tarea de un equipo multidisciplinario compuesto por especialistas en la interpretación del proyecto y en los factores ambientales más relevantes para ese proyecto concreto (por ejemplo atmósfera, agua, suelos, vegetación, fauna, recursos culturales, etc.).

El estudio del impacto ambiental puede hacerse en varias etapas, en paralelo con las etapas de la intervención que se pretende evaluar. Cada intervención propuesta es analizada en función de los posibles impactos ambientales. Asimismo se analizan, en función de la etapa en que se encuentra en el ciclo del proyecto, las posibles alternativas a la alternativa planteada.

Uno de los principales componentes del estudio de impacto ambiental es el referido al recurso hídrico por lo que se desarrolla a continuación la metodología necesaria para caracterizar el componente hídrico, analizar los posibles impactos que el proyecto pueda generar y plantear las medidas de control necesarias para minimar los mencionados impactos que puedan generarse, siempre dentro del marco legal de los estudios de impacto ambiental.



### 3.1.2 HISTORIA

La evaluación del impacto ambiental surge a finales de los años 60 en Estados Unidos con el nombre de “Environmental Impact Assessment” (EIA) (en algunos casos en lugar de “Assessment” se puede encontrar Analysis o Statement). El EIA introduce las primeras formas de control de las interacciones de las intervenciones humanas con el ambiente (ya sea en forma directa o indirecta), mediante instrumentos y procedimientos dirigidos a prever y evaluar las consecuencias de determinadas intervenciones. Todo esto con la intención de reducir, mitigar, corregir y compensar los impactos.

En 1969 se da un paso adelante, en los Estados Unidos, con la aprobación del “National Environmental Policy Act” (N.E.P.A.). Esta normativa dispone la introducción del EIA, el refuerzo del “Environmental Protection Agency” (con un rol administrativo de control), y dispone la creación del “Council on Environmental Quality” (con un rol consultivo para la presidencia). En el 1979 se aprueba el “Regulations for Implementing the Procedural Previsions of N.E.P.A.”, un reglamento que vuelve obligatorio el EIA para todos los proyectos públicos, o que estén financiados por fondos públicos. El estudio del impacto ambiental es ejecutado directamente por la autoridad competente en otorgar la respectiva licencia final, está prevista la emanación de dos actos separados: uno relativo a la evaluación de los impactos ambientales y el otro relativo a la autorización de ejecutar la obra.

En 1973 en Canadá surge la norma “Environmental Assessment Review Process”, una norma específica referida a la evaluación del impacto ambiental, siguiendo en líneas generales la normativa de los Estados Unidos. En 1977 se introducen cambios en la normativa sin alterar su sustancia. La norma se aplica a proyectos públicos o a proyectos financiados con recursos públicos.

En 1976 en Francia se aprueba la ley Nº 76-629 (del 10 de julio del 1976), relativa a la protección de la naturaleza. Esta ley introduce tres niveles diferentes de evaluación: Estudios ambientales; noticias de impactos; y, estudios de impactos. Se inician las bases para el estudio de impactos ambientales en el ámbito europeo. En efecto en 1985 la Comunidad Europea emana la Directiva 337/85/CEE referida a evaluación del impacto ambiental en determinados proyectos públicos y privados.



La primera aplicación de esta nueva normativa se da en Holanda, en 1986, aprobando una norma ampliada, con particular énfasis en las evaluaciones a ser efectuadas en fase de diseño. El elemento central de la norma holandesa es el análisis comparativo de las alternativas y evaluación de sus respectivos impactos, con la finalidad de determinar la mejor solución en términos ambientales. En 1979 se comienza a considerar los impactos ambientales de los grandes embalses en Brasil, dirigidos principalmente a elaborar planes de mitigación, en la fase de llenado de los embalses.

El EIA surge en el Perú como Estudio de Impacto Ambiental con el Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales (1990) y se desarrolla mediante normativas sectoriales; siendo asumida progresivamente desde un enfoque más integral y como sistema. El requerimiento de preparación del EIA fue promulgado por el Decreto Legislativo N° 613 (7 de setiembre de 1990), Código del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales, remarcando su competencia sectorial por el Decreto Legislativo N° 757 (8 de noviembre de 1990) Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada y establecida específicamente para el sector minero-metalúrgico, según Decreto Supremo 016-93-EM (modificado por el Decreto Supremo 059-93-EM), relativo al Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades Minero-Metalúrgicas.

### 3.1.3 MARCO LEGAL

La normatividad nacional en materia ambiental, tiene sus bases en la Constitución del Perú (1993), en el artículo 2º inciso 22, donde se establece el derecho colectivo a un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida de las personas; la Ley General del Ambiente (Ley N° 28611) que constituye la norma del marco normativo legal para la gestión ambiental en el Perú, el Título Décimo Quinto del Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería, la misma que fue aprobada por D.S. N° 014-92-EM y el Reglamento del Título Décimo Quinto Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería, Reglamento para la Protección Ambiental en la Actividad Minero Metalúrgica, aprobado mediante D.S. N° 016-93-EM y sus modificatorias D.S. N°059-93-EM, N° 029-99-EM, N° 058-99-EM, N° 022-2002-EM y N°078-2009-EM, establecen las acciones de previsión y control que deben realizarse para armonizar el desarrollo de las actividades minero-metalúrgicas con la protección del ambiente, entre otras; las cuales constituyen el marco legal aplicable para los estudios de impacto ambiental.



De igual modo, el procedimiento para la aprobación de un EIA se encuentra sujeto al procedimiento establecido en el Texto Único de Procedimientos Administrativos (TUPA) del MINEM (D.S. N° 061-2006-EM), de acuerdo con las Disposiciones destinadas a uniformizar procedimientos administrativos ante la Dirección General de Asuntos Ambientales (D.S. N° 053-99-EM) y el Reglamento de Participación Ciudadana en el Sub-sector Minero (D.S. N° 028-2008-EM) y las Normas que regulan el Proceso de Participación Ciudadana en el Sub-sector Minero (R.M. N° 304-2008-MEM/DM y la R.M. N° 059-2010-MEM/DM).

El Cuadro N° 3.1 presenta un resumen de las normas relacionadas con el Proyecto.

**Cuadro N° 3.1: Normatividad aplicada a EIA**

Legislación	Institución Emisora y/o Reguladora
<b>Normas Ambientales Generales</b>	
Ley General del Ambiente (Ley N° 28611)	MINAM
Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (Ley N° 27446) y su modificatoria según Decreto Legislativo N° 1078	Congreso de la República
Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada (D.L. N° 757)	Poder Ejecutivo
Reglamento sobre Transparencia, acceso a la información pública ambiental y participación y consulta ciudadana en asuntos ambientales	MINAM
Normas de Protección Ambiental del Sub-Sector Minero-Metalúrgico	
Participación Ciudadana: Reglamento de Participación Ciudadana en el Subsector Minero, fue aprobado mediante el D.S. N° 028-2008-EM	MINEM
Estudio de Impacto Ambiental. Reglamento de Protección Ambiental para las Actividades Minero-Metalúrgicas D.S.N°016-93-EM y su modificación mediante D.S. N° 078-2009-EM exige la presentación de un EIA	MINEM
Plan de Cierre de Minas: Ley N° 28090 modificado por la Ley N° 28507 y su Reglamento dado por D.S. N° 033-2005-EM y modificado por D.S. N° 045-2006-EM	MINEM
Límites Máximos Permisibles: Ley General del Ambiente, modificada por el D.L. N° 1055 -Límites Máximos Permisibles para Efluentes Líquidos: D.S. N° 010-2010-MINAM -Límites Máximos Permisibles para Emisiones de Gases y Partículas: R.M. N° 315-96-EM/VMM -Límites Máximos Permisibles para Ruido (Exposición Ocupacional): D.S. N° 046-2001-EM	MINAM MINEM MINEM MINEM
Participación Ciudadana: Reglamento de Participación Ciudadana en el Subsector Minero, fue aprobado mediante el D.S. N° 028-2008-EM	MINEM
Reglamento de Protección Ambiental para las Actividades Minero-Metalúrgicas D.S.N°016-93-EM y su modificación mediante D.S. N° 078-2009-EM exige la presentación de un EIA	MINEM
Decreto Supremo N° 054-2013-PCM, establece que la Autoridad Nacional del Agua debe aprobar los términos de referencia comunes del contenido hídrico que deberán cumplirse en la elaboración de estudios ambientales.	Presidencia de Consejo de Ministros



**Cuadro N° 3.1: Normatividad aplicada a EIA (Continuación)**

Legislación	Institución Emisora y/o Reguladora
<b>Otras Obligaciones Ambientales del Titular Minero</b>	
Residuos Sólidos: La Ley General de Residuos Sólidos, Ley N° 27314, modificada mediante el D.L. N°1065, y su Reglamento, aprobado mediante D.S. N° 057-2004-PCM	Congreso de la República
Recursos Hídricos: Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338	Congreso de la República
Tratamiento y Descarga de Aguas Residuales: Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338, en su Artículo 79º	ANA
Calidad Ambiental -Calidad del Agua: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua), mediante D.S. N° 002-2008-MINAM y mediante la aprobación del D.S. N° 023-2009-MINAM se aprobó las disposiciones para la implementación de los ECA para Agua. -Calidad del Aire: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, D.S. N° 074-2001-PCM, modificado mediante el D.S. N° 069-2003-PCM y el D.S. N° 003-2008-MINAM -Calidad de Ruido: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental de Ruido, D.S. N° 085-2003-PCM	MINAM MINAM PCM
Protección de los Recursos Naturales -Agenda 21 -Ley Forestal y de Fauna Silvestre: Ley N° 29317, mediante D.S. N° 014-2001-AG se aprobó el Reglamento. -Conservación y Aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica: Ley N° 26839, mediante D.S. N° 068-2001-PCM se aprobó el reglamento.	MINAG PCM
-Aprovechamiento sostenible de recursos naturales. Ley N° 26821. -Categorización de especies amenazadas de fauna silvestre: D.S. N° 034-2004-AG -Categorización de especies amenazadas de flora silvestre: D.S. N° 043-2006-AG -Reglamento para la Implementación de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (Cites): D.S. N°030-2005-AG y modificado mediante el D.S. N° 001-2008-MINAM -Áreas Naturales Protegidas: Ley N° 26834 y su reglamento D.S. N° 038-2001-AG	Congreso de la República MINAG MINAM MINAG
Restos Arqueológicos -Ley de Patrimonio Cultural de la Nación: Ley N° 28296 y su reglamento D.S. N° 011-2006-ED -Investigaciones Arqueológicas: R.S. N° 004-2000-ED -Medidas de Protección que debe aplicar el Instituto Nacional de Cultura para Ejecución de Obras en Bienes Culturales Inmuebles: Ley N° 27580 -Ley que Declara de Interés Nacional el Inventario, Catastro, Investigación, Conservación, Protección y Difusión de los Sitios y Zonas Arqueológicas del País: Ley N° 27721. -Establecen Plazos para la Elaboración y Aprobación de los Proyectos de Evaluación Arqueológica y de la Certificación de Inexistencia de Restos Arqueológicos: D.S. N° 009-2009-ED.	Ministerio de Educación
Explosivos: D.L. N° 25707	DICSCAMEC
Combustibles: Ley 26221 y sus reglamentos. Reglamento N° 045-2001-EM, D.S. N° C030-98-EM	MINEM
Seguridad e Higiene Minera: D.S. N° 055-2010-MEM	MINEM
<b>Otras Obligaciones Ambientales del Titular Minero</b>	
Comunidades Campesinas -Ley General de Comunidades Campesinas y su Reglamento: Ley N° 24656 y D.S. N° 008-91-TR. -Ley de la Inversión Privada en el Desarrollo de las Actividades Económicas en las Tierras del Territorio Nacional y de las Comunidades Campesinas y Nativas: Ley N° 26505, y modificada por Ley N° 26570 y Ley N° 29261	Ministerio de Trabajo Congreso de la República



Cabe mencionar que el año 2013 se ordenó que el ANA (Autoridad Nacional del Agua), véase el D.S. N° 054-2013-PCM, sea el organismo encargado de aprobar los términos de referencia comunes al contenido hídrico que deberán cumplirse en la elaboración de estudios ambientales. En tal virtud el ANA a través de la Resolución Jefatural N° 508-2013-ANA aprobó la adecuación de los términos de referencia comunes del Contenido Hídrico para la Elaboración de los Estudios Ambientales.

A continuación se hace una breve descripción de las principales normas de carácter general y específico aplicables a un EIA, de acuerdo a la legislación vigente en materia de recursos hídricos del Perú.

**Ley de Recursos Hídricos – Ley N° 29338**, en sus artículos 42° y 43° señalan que los usos productivos del agua, consisten en la utilización de la misma en procesos de producción o previos a los mismos y se ejercen mediante derechos de uso de agua otorgados por la Autoridad Nacional, siendo los usos de agua productivos: agrario, acuícola, energético, industrial, medicinal, minero, recreativo, turístico y transporte.

**Ley de Recursos Hídricos – Ley N° 29338**, en su artículo 64°, precisa que El Estado reconoce y respeta el derecho de las comunidades campesinas y comunidades nativas de utilizar las aguas existentes o que discurren por sus tierras, así como sobre las cuencas de donde nacen dichas aguas, tanto para fines económicos, de transporte, de supervivencia y culturales, en el marco de lo establecido en la Constitución Política del Perú, la normativa sobre comunidades y la Ley. El cual es imprescriptible, prevalente y se ejerce de acuerdo con los usos y costumbres ancestrales de cada comunidad. Asimismo, ningún artículo de la Ley debe interpretarse de modo que menoscabe los derechos reconocidos a los pueblos indígenas en el Convenio 169 de la Organización Internacional de Trabajo.

**Decreto Legislativo que crea el Sistema Nacional de Recursos Hídricos – Decreto Legislativo N° 1081**, establece que las Autoridades Administrativas de Agua, resuelven en Primera Instancia Administrativa los asuntos de competencia de la Autoridad Nacional de Aguas. El Tribunal de Resolución de Controversias Hídricas, resuelve en última instancia administrativa los recursos administrativos que se interpongan contra las resoluciones que expida las Autoridades Administrativas de Agua.





Asimismo, establece que las Administraciones Técnicas de los distritos de riego, forman parte de la estructura orgánica de la Autoridad Nacional de Agua. Toda referencia a dicha administración se entiende como Administración Local de Agua. En este contexto la norma, señala para los procedimientos que se inicien a partir de entrada en vigencia de la presente norma y en tanto se implemente las Autoridades Administrativas de Agua y el Tribunal de Resolución de Controversias Hídricas, las funciones de primera instancia serán asumidas por las Administración Local de Agua y la segunda instancia por la jefatura de la Autoridad Nacional de Agua.

### **3.1.4 ANÁLISIS DE IMPACTOS AMBIENTALES AL RECURSO HÍDRICO**

El propósito de llevar a cabo un análisis de los impactos ambientales al recurso hídrico es establecer las condiciones ambientales existentes, dentro y en el ámbito de influencia del proyecto para evaluar los posibles impactos que pueden ser ocasionados e identificar las medidas de mitigación que serán necesarias para eliminar o minimizar los impactos al recurso hídrico a niveles aceptables.

Adicionalmente, el análisis de los impactos al recurso hídrico puede extenderse a:

- ✓ Incluir la formalización e identificación de alternativas para minimizar impactos al recurso hídrico de un proyecto o a los componentes de un proyecto propuesto;
- ✓ Determinar los impactos probables o actuales del proyecto sobre los recursos hídricos o viceversa;
- ✓ Incluir un análisis de costo/beneficio del proyecto y un plan de contingencia específico para tratar los riesgos ambientales.

Los tipos de proyectos en los cuales se requieren EIA incluyen actividades de exploración minera, beneficio (tratamiento de mineral, procesamiento, refinería y labores en general) y las actividades de transporte relacionadas a la minería.

El proceso de un estudio de los impactos ambientales al recurso hídrico debe ser considerado como el desarrollo de un conjunto de actividades dinámicas y flexibles; y por lo tanto, debe ser adaptado a actividades específicas.





El proceso se compone básicamente de los cinco pasos siguientes:

- ✓ Establecer las condiciones ambientales hídricas existentes;
- ✓ Identificar anticipadamente los tipos de impactos al recurso hídrico, utilizando las metodologías más apropiadas al tipo de proyecto y a su naturaleza;
- ✓ Estimar la extensión y magnitud de los impactos hídricos previstos;
- ✓ Interpretar el significado de los impactos al recurso hídrico;
- ✓ Comunicar los resultados a la autoridad pertinente.

El análisis de los impactos ambientales al recurso hídrico requiere una evaluación total, multidisciplinaria e interdisciplinaria de los impactos ambientales existentes del proyecto propuesto y, cuando se requiera, de planteamientos de alternativas apropiadas para el proyecto o sus componentes.

### **3.1.5 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES**

Los requerimientos para los estudios de EIA se establecen en el Decreto Supremo 016-93-EM (modificado por el Decreto Supremo 059-93-EM), principalmente en el Anexo 2, Partes 1 y 2. En el año 2013 se establecieron los términos de referencia para el contenido de los estudios hídricos en las evaluaciones ambientales mediante la Resolución jefatural N° 508-2013-ANA.

No obstante a continuación se consigna los elementos fundamentales requeridos para cumplir con un EIA, los cuales son aplicables al caso de los recursos hídricos. El responsable de su preparación debe revisar los Decretos Supremos anteriormente mencionados para absolver cualquier duda en cuanto al contenido requerido en estos estudios.

En atención a lo descrito, el formato del estudio debe contener, sin ser limitativo:

- ✓ Resumen ejecutivo;
- ✓ Introducción;
- ✓ Antecedentes;
- ✓ Descripción del área del proyecto;



- ✓ Descripción de las actividades a realizar;
- ✓ Efectos previsibles de la actividad;
- ✓ Control y mitigación de los efectos de la actividad;

### 3.1.5.1 Antecedentes

La segunda parte del estudio de análisis de impactos ambientales al recurso hídrico, luego del Resumen Ejecutivo, corresponde a los Antecedentes. De acuerdo al Decreto Supremo 016-93-EM, ésta debe contener un resumen descriptivo de:

- ✓ Los aspectos políticos, legales y administrativos inherentes y/o las disposiciones legales aplicables al proyecto propuesto;
- ✓ Una descripción general del proyecto propuesto;
- ✓ Una descripción general de las operaciones existentes y las modificaciones aprobadas para las operaciones y permisos ya obtenidos o negociados.

#### 1. Estructura Política, Legal y Administrativa

En esta sección se debe describir el estado legal de la mina y los derechos al agua y a la superficie, aplicables al proyecto y explicar el trámite de obtención de permiso para el desarrollo de las actividades.

Generalmente, los aspectos legales para obtener el permiso se incluyen en la Ley General de Minería y en el Decreto Ley 109 de junio de 1989, modificado por la Ley de Promoción Minera (Decreto Legislativo 708) efectivo desde el 15 de diciembre de 1991. Los aspectos ambientales se rigen por el Decreto Legislativo Nº 613 (Código del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales) promulgado en setiembre de 1990 y modificado por la Ley de Promoción Minera. Las regulaciones vigentes para la protección ambiental en las actividades mineras y metalúrgicas fueron aprobadas por el Decreto Supremo 016-93-EM del 28 de abril de 1993 y el Decreto Supremo 059-93-EM del 13 de diciembre de 1993, respectivamente.



## 2. Descripción General del Proyecto

Se debe proporcionar una descripción general del proyecto. Esta descripción podría incluir los siguientes aspectos:

- ✓ Descripción del yacimiento;
- ✓ Reserva estimada;
- ✓ Tipo de mineral y productos a obtener;
- ✓ Tipo y descripción de la operación minera; instalaciones de beneficio y de apoyo;
- ✓ Descripción de las instalaciones de relaves, áreas de disposición de desmonte, superficies impermeabilizadas de lixiviación y apilamientos;
- ✓ Condición legal de los titulares de la tierra;
- ✓ Infraestructura, como caminos, servicios de luz, desagüe y otros;
- ✓ Abastecimiento de agua y métodos de tratamiento;
- ✓ Costos estimados del proyecto.

Los costos estimados pueden incluir costos de capital para las operaciones mineras, de procesamiento, laboratorios y administración general, además del costo por tonelada de mineral, el costo por onza de producción y el costo total estimado del proyecto.

## 3. Descripción General de las Operaciones y Permisos Existentes

Si el proyecto propuesto es una adición o extensión de una operación existente, entonces debe ser descrito. Se debe incluir una descripción de las instalaciones y operaciones actuales así como la historia de las operaciones y un listado y descripción de los permisos de operación históricos y aplicables actualmente, y otras autorizaciones legales para la operación. Esta descripción de las operaciones existentes debe:

- ✓ Establecer el marco normativo que existía cuando la operación del proyecto comenzó;
- ✓ Establecer claramente los requerimientos de permiso para nuevas actividades.



### 3.1.5.2 Descripción del Medio Ambiente

#### 1. Generalidades

El análisis de los impactos ambientales potenciales al recurso hídrico asociados con un proyecto minero, se realiza con el propósito de identificar medidas de mitigación razonables para minimizar los impactos adversos, y si se requiere, evaluar las alternativas del proyecto comparando los impactos asociados con cada alternativa. Se requiere una descripción adecuada del medio ambiente para llevar a cabo la evaluación.

La descripción incluye tres pasos importantes:

- ✓ Identificar los recursos hídricos que pueden ser impactados por las actividades del proyecto;
- ✓ Especificar los cronogramas de análisis de los impactos;
- ✓ Establecer las condiciones ambientales existentes por las cuales se evaluarán los impactos del proyecto al recurso hídrico.

#### a. Identificar los Recursos Hídricos Impactados por las Actividades del Proyecto

Para algunos proyectos, el impacto será moderado y claramente definible; sin embargo, es importante determinar ampliamente el área de impacto de manera que los impactos indirectos (impactos no producidos directamente por las construcciones en el emplazamiento y las operaciones del proyecto) sean reconocidos y analizados adecuadamente. Estos impactos indirectos pueden ocurrir en diferentes ubicaciones aparte de las del emplazamiento y pueden incluir, por ejemplo, cambios en la cantidad de agua que brota de manantiales en zonas cercanas al proyecto, o los impactos en la calidad del agua varios kilómetros corriente abajo del lugar del proyecto.

#### b. Cronograma para el Análisis

Se debe indicar el momento calculado en que ocurrirán los impactos generados por las actividades del proyecto propuesto, ya que los impactos que pueden presentarse en varias etapas de un proyecto serán diferentes y, por lo tanto, necesitan una evaluación por separado.



Para estructurar el estudio se deben definir cuatro etapas específicas:

- ✓ Etapa de planeamiento y exploración del proyecto;
- ✓ Etapa de construcción del proyecto (ejecución);
- ✓ Etapa de operaciones del proyecto;
- ✓ Cierre del proyecto (fin de las operaciones).

### **c. Establecimiento de las Condiciones Ambientales**

Una vez especificadas las áreas impactadas por las actividades del proyecto y los cronogramas para los análisis, se deben establecer las condiciones ambientales existentes en las áreas de impacto que estén relacionadas con el recurso hídrico. Las condiciones ambientales existentes servirán como línea de base contra la cual pueden evaluarse los impactos potenciales del proyecto al recurso hídrico. Las condiciones ambientales existentes deben ser descritas en términos del ambiente físico que estén relacionados directamente o indirectamente con el recurso hídrico. El nivel de detalle necesario para establecer condiciones ambientales existentes no puede ser definido en términos específicos, pero debe ser suficiente para describir adecuadamente las condiciones ambientales existentes de manera que los impactos del proyecto pueden ser evaluados efectivamente.

## **2. Ambiente Físico**

El ambiente físico del proyecto puede ser descrito en términos de:

- ✓ Ubicación, topografía y fisiografía del lugar del proyecto;
- ✓ Geología y sismicidad;
- ✓ Clima y meteorología;
- ✓ Recursos de agua superficial y subterránea.

Las siguientes secciones describen estos elementos del ambiente físico, que se encuentran relacionados de manera directa o indirecta con el recurso hídrico.



#### **a. Ubicación, Topografía y Fisiografía del lugar del Proyecto**

La ubicación, topografía y fisiografía del lugar del proyecto sirven como base para comenzar a establecer las condiciones ambientales existentes. Es de vital importancia conocer las características topográficas y fisiográficas para identificar los recursos hídricos que pueden ser impactados por las actividades del proyecto y conceptualizar cuáles pueden ser estos impactos.

##### **Mapa Base**

Se debe proporcionar un mapa base, a una escala adecuada, que muestre la ubicación del proyecto propuesto y los límites del área del proyecto en cuanto a las siguientes características:

- ✓ Asentamientos y centros poblados;
- ✓ Caminos;
- ✓ Características topográficas regionales;
- ✓ Corrientes, lagos, ríos, reservorios y pantanos;
- ✓ Áreas naturales protegidas (identificadas en la lista oficial actualizada a nivel nacional);
- ✓ Áreas agrícolas reservadas o cultivadas adyacentes al lugar del proyecto.

Además de la información presentada en este mapa, se debe proporcionar una tabla que incluya las distancias del área del proyecto a los centros poblados vecinos e identifique los tipos de caminos de acceso al área del proyecto.

##### **Plano Topográfico del Área del Proyecto**

Se debe preparar un plano topográfico del área del proyecto a una escala de 1:500 ó 1:1000. Los intervalos de los contornos de elevación apropiados deben ser elegidos de manera que las características topográficas del área del proyecto puedan ser identificadas. El plano topográfico servirá como base para presentar información en cuanto a:



- ✓ Características fisiográficas existentes en el área del proyecto como manantiales, drenajes;
- ✓ Cuevas naturales y otras;
- ✓ Título de propiedad y límites del proyecto;
- ✓ Uso de la tierra;
- ✓ Perfil del proyecto;
- ✓ Instalaciones del proyecto.

### **b. Geología**

Las características del lecho de roca, los depósitos de suelo y desmonte no consolidado deben ser determinadas para comprender la geología del lugar. El grado de conocimiento de la geología del lecho de roca y del desmonte depende del carácter geológico del área del emplazamiento del proyecto, de las características físicas del lugar y del tipo de proyecto. Es útil conocer las características geológicas para determinar qué aspectos de la geología pueden tener mayor grado de influencia en el diseño y la construcción de las instalaciones del proyecto.

En general, se debe incluir un mapa geológico regional y un informe geológico local sobre el lecho de roca, los depósitos de suelo y el desmonte.

### **c. Tectónica y Sismicidad**

Debe exponerse la actividad orogénica y las fallas recientes (con énfasis en los desplazamientos verticales o laterales). La información sobre la tectónica es útil para evaluar el establecimiento sismotectónico de una región necesario tanto para propósitos del diseño como para la evaluación de impactos (por ejemplo, análisis de fallas y estabilidad de las obras de control hídrico). Las fuentes de esta información incluyen un registro histórico e informes publicados.

Existen dos planteamientos generales para evaluar la sismicidad de un emplazamiento de un proyecto:



- ✓ Estimación de un máximo sismo creíble (MSC) basada en la determinación de fallas activas en el área;
- ✓ Probable estimación del riesgo de ocurrencia de un sismo basada en un patrón sísmico regional.

Los parámetros usados para caracterizar la sismicidad que son determinados utilizando los planteamientos generales anteriores incluyen:

- ✓ La magnitud del sismo controlado (Escala Richter o Escala Modificada de Intensidad Mercalli);
- ✓ La aceleración máxima horizontal (g) inducida en el lecho de roca del emplazamiento del proyecto por el sismo controlado;
- ✓ La probabilidad de ocurrencia del sismo controlado (por ejemplo, probabilidad del 90% de no haber sido excedido en 50 años). La probabilidad de ocurrencia no es aplicable para el MSC.

#### **d. Geomorfología**

Se debe incluir una descripción de la geomorfología del área del proyecto con énfasis en el potencial de erosión del suelo, del movimiento de canales y de desprendimientos que pueden afectar la integridad de las operaciones del proyecto. Esta información puede estar disponible en informes o documentos publicados y en estudios previos de investigación del lugar. La información geomorfológica será usada tanto para propósitos del diseño como para la evaluación de impactos.

#### **e. Clima y Meteorología**

Para el diseño del proyecto, la evaluación del impacto al recurso hídrico y los planes de rehabilitación se requiere información meteorológica y climática de línea de base. Por ejemplo, son necesarios datos sobre la precipitación para establecer el balance de agua del proyecto, los requerimientos de drenaje superficial y de usos de agua para la vegetación. La información sobre la temperatura debe ser utilizada para determinar la evapotranspiración que puede ser un aspecto crítico en la reducción de la infiltración de la precipitación en las pilas de desechos de minas rehabilitadas. Pueden requerirse datos





sobre evaporación para medir su efecto en las pozas de evaporación y predecir las necesidades de agua.

Se debe informar sobre la precipitación en términos de precipitación mensual máxima, media y mínima para el periodo de registro de la estación meteorológica más cercana o la registrada en el emplazamiento. La información sobre la temperatura debe ser dada a conocer en términos de temperatura mensual máxima, media y mínima para el periodo de registro de la estación meteorológica o la registrada en el emplazamiento.

Se debe tener mucho cuidado al informar los datos de las estaciones meteorológicas localizadas a mucha distancia del área del proyecto, ya que la información meteorológica y climática puede no ser representativa del área del proyecto debido a las condiciones orográficas y otros factores. En los casos en que los datos climáticos y meteorológicos registrados en el área del proyecto se extrapolen a partir de los datos de varias estaciones meteorológicas, los procedimientos usados para obtener estos resultados y la justificación del uso de los datos deben ser discutidos claramente en el estudio.

La utilidad de los datos para caracterizar las condiciones climáticas y meteorológicas del lugar del proyecto es directamente proporcional a la longitud del periodo de registro de los datos. Cuanto mayor sea el periodo de registro, más útil será la información.

Lógicamente toda la información mencionada anteriormente y otras tales como el caudal, horas de sol, radiación, etc., deberán ser proporcionadas por instituciones debidamente acreditadas para tal fin.

#### **f. Recursos de Agua**

Los recursos de agua constituyen una categoría ambiental compleja y dinámica que requiere especial atención para establecer las condiciones de línea de base existentes. De esta manera, se debe incluir información tanto cualitativa como cuantitativa para caracterizar de manera adecuada el recurso, los usos y los impactos potenciales de los recursos.



## i. Agua Superficial

La discusión de los recursos de agua superficial normalmente incluiría una descripción de:

- ✓ Modelos de drenaje;
- ✓ Cuerpos de aguas superficiales;
- ✓ Estructuras hidráulicas;
- ✓ Flujo de aguas superficiales y potencial de inundación;
- ✓ Calidad de agua superficial;
- ✓ Relación entre agua superficial y subterránea;
- ✓ Usos de agua superficial.

### Modelo de Drenaje

Para propósitos del diseño y evaluación de los impactos del proyecto se requiere información sobre los modelos de drenaje existentes dentro y en los alrededores del área del proyecto. Por ejemplo, es necesario conocer modelos de drenaje para los depósitos de desechos del sitio y/o estructuras de drenaje construidas por el hombre que pueden ser requeridos para prevenir deslizamientos hacia los depósitos de desechos y otras instalaciones del proyecto. Conocer los modelos de drenaje también permite la identificación de cuerpos de agua superficiales que pueden ser impactados por el transporte de sedimentos o el Drenaje Acido de Mina (DAM) hacia los cuerpos de aguas superficiales y el diseño de las medidas de mitigación.

Esta información puede ser presentada en el mapa base y en el plano topográfico del área del proyecto a través de la descripción de la cuenca de drenaje en la cual se localiza el proyecto, de las sub-cuencas de drenaje dentro y alrededores del área del proyecto, de las vías de drenaje existentes y de la identificación de patrones de flujo (no canalizados) de transporte terrestre.



### **Cuerpos de Aguas Superficiales**

Una vez identificados los modelos de drenaje, se debe recopilar información cualitativa y cuantitativa de todos los cuerpos de agua superficial que pueden ser impactados por las actividades del proyecto o pueden impactar a las mismas (por ejemplo, una inundación). Los impactos a los cuerpos de agua superficial no sólo incluyen impactos directos de las actividades del proyecto (por ejemplo, mayor descarga de sedimentos hacia una corriente durante la construcción) sino también impactos indirectos como la reducción del flujo de las corrientes debido a la mayor demanda de abastecimiento de agua en centros poblados cercanos que se expanden como una fuerza de trabajo para el proyecto que emigra al área. La información indispensable que puede ser necesario recolectar variará de un proyecto a otro, pero debe tratar todo lo relacionado a los drenajes, corrientes y ríos.

### **Estructuras Hidráulicas**

Las estructuras existentes construidas por el hombre tales como presas y trabajos de derivación que pueden afectar la calidad y cantidad del agua o que pueden ser impactadas por las actividades del proyecto también deben ser identificadas y descritas en el estudio a desarrollarse.

### **Relación entre Aguas Superficiales y Subterráneas**

Dependiendo de las condiciones del lugar, pueden existir relaciones entre las aguas superficiales y subterráneas y también es necesario tratarlas.

Por ejemplo el conocimiento del nivel freático en el área de estudio nos permitirá discernir si un río está conectado hidráulicamente con el acuífero.

### **Flujo de Aguas Superficiales y Potencial de Inundación**

La información del flujo de aguas superficiales puede obtenerse de los registros históricos de las estaciones de medición de flujo establecidas, de los datos de monitoreo de flujo que pueden ser recopilados en el emplazamiento u otras fuentes. Las



ubicaciones de todas las estaciones de medición y monitoreo de flujo deben ser mostradas en el mapa de ubicación y/ o plano topográfico del área del proyecto. Presentar la información de flujo en términos de valores mensuales máximo, medio y mínimo sería lo ideal.

Si no existen datos del flujo o sólo hay disponibilidad limitada de datos a corto plazo, las estimaciones del flujo deben ser realizadas basadas en datos extrapolados de los informes de flujo de corrientes localizadas en cuencas de drenaje con características similares a la cuenca de drenaje en la que se localiza el proyecto y/o mediante la creación de modelos precipitación-escorrentía para el área de interés.

También se debe tomar en consideración el establecimiento de un programa de monitoreo de flujo en el sitio a largo plazo para reunir datos que pueden ser necesarios para probar hipótesis utilizadas en el diseño y/o evaluación de impactos.

El potencial de inundación de los canales, corrientes y ríos se necesita para propósitos del diseño del proyecto y para evaluar los impactos de las inundaciones en las operaciones del proyecto. Deben usarse metodologías apropiadas para estimar los flujos de inundación. Luego de la determinación del flujo de inundación del diseño, se debe delinear el área de inundación en el plano topográfico del lugar para llevar a cabo los análisis y la presentación.

### **Uso y Calidad del Agua Superficial**

Se deben establecer las condiciones de calidad de agua superficial de línea de base para todo cuerpo de agua superficial que puede ser impactado por las actividades del proyecto. Esta información será usada para evaluar impactos y como base para un proyecto de monitoreo relativo a las descargas a las aguas superficiales.

Los parámetros de línea de base específicos de calidad de agua que deben ser determinados se basarán en estándares de calidad de agua existentes y en los contaminantes potenciales de aguas superficiales que pueden resultar de las actividades del proyecto.



Si no existen datos de línea de base sobre calidad de agua, se requerirá la colección y análisis de muestras de agua para establecerlos. En estos casos, se debe preparar un plan de análisis y muestreo para asegurar que la información de línea de base sobre calidad de agua sea representativa de las condiciones existentes en el emplazamiento. El plan de análisis y muestreo debe considerar entre otras cosas:

- ✓ La ubicación de los puntos de muestreo;
- ✓ Las condiciones de flujo durante la colección de muestras y efectos en la calidad del agua (por ejemplo, los cambios estacionales en las condiciones del flujo y las condiciones del flujo luego de tormentas);
- ✓ La frecuencia de las actividades de colección de muestras;
- ✓ La duración del programa de muestreo.

La calidad del agua superficial de línea de base debe ser comparada con cualquier criterio de calidad de agua superficial existente, establecido para las aguas superficiales del lugar y los resultados de esta comparación deben ser presentados en el estudio que esté desarrollándose. Los criterios de calidad del agua superficial dependen de los usos que se le den a ésta. Por lo tanto, los usos de todas las aguas superficiales que pueden ser impactados por las actividades del proyecto deben ser identificados previamente. En esos casos donde los criterios de calidad de agua no han sido establecidos para las aguas superficiales, los usos de éstas servirían como base para establecer los criterios. Por lo tanto, la identificación y discusión de los usos de las aguas superficiales merece especial atención.

## **ii. Aguas Subterráneas**

Generalmente los recursos de agua subterránea son complejos y juegan un rol importante en el ciclo hidrológico total.

Dependiendo del área, el agua subterránea puede ser localizada a poca profundidad en interacción significativa con las aguas superficiales o puede ser localizada a mayor profundidad con mínima o ninguna interacción con las aguas superficiales o en algún lugar entre ellas. Los usos de las aguas subterráneas pueden variar del no uso al uso como fuente primaria de agua para beber.



En general, los recursos de aguas subterráneas pueden ser caracterizados en términos de:

- ✓ Presencia de agua subterránea;
- ✓ Movimiento de agua subterránea;
- ✓ Carga/descarga de agua subterránea;
- ✓ Calidad de agua subterránea;
- ✓ Uso del agua subterránea.

La caracterización del nivel relativo de agua subterránea requerida variará dependiendo del tipo y ubicación del proyecto. Por ejemplo, un proyecto minero que podría impactar los recursos de agua subterránea a través del desagüado del tajo puede requerir investigaciones hidrogeológicas detalladas para evaluar la presencia, el movimiento, las zonas de carga y la calidad de agua para evaluar los diseños de desagüado y el impacto producido al descargar el agua del tajo en aguas superficiales.

### **3.1.5.3 Descripción de las Actividades a Llevarse a Cabo**

La descripción del proyecto proporciona la base sobre la cual se lleva a cabo la evaluación del impacto al recurso hídrico. Se debe incluir una descripción detallada del proyecto propuesto. La descripción del proyecto puede ser presentada en secciones lógicas para ayudar a proporcionar detalles adecuados que incluyen:

- ✓ Plan de exploración;
- ✓ Plan de monitoreo hídrico;
- ✓ Plan de rehabilitación del proyecto;
- ✓ Plan de manejo hídrico.

En la mayoría de los casos, la información del proyecto debe estar disponible en forma de estudios de factibilidad del proyecto, informes de diseño de ingeniería y planes e informes de construcción. La descripción proporcionada debe ser lo suficientemente detallada para que el lector o revisor comprenda totalmente la naturaleza y extensión del proyecto propuesto, a fin de contar con detalles suficientes que permitan el análisis del impacto al recurso hídrico.



La descripción debería proporcionar una indicación del tiempo estimado para cada elemento del proyecto descrito así como, en lo posible, detalles sobre el tamaño, volumen o extensión. Un ejemplo de los elementos del proyecto que podrían ser incluidos en la descripción del proyecto incluye lo siguiente:

- ✓ Instalaciones de Apoyo;
- ✓ Oficinas administrativas;
- ✓ Laboratorio y almacén;
- ✓ Instalaciones para reparaciones y mantenimiento;
- ✓ Instalaciones de disposición de desechos;
- ✓ Personal;
- ✓ Infraestructura como caminos, vías ferroviarias, cercado del proyecto, etc.;
- ✓ Instalaciones hospitalarias;
- ✓ Fuentes de abastecimiento de agua y pozos, líneas de abastecimiento y pozas;
- ✓ Tratamiento, abastecimiento y descarga de aguas;
- ✓ Tipos y ubicación del equipo de monitoreo ambiental;
- ✓ Descripción del equipo que se utilizará;
- ✓ Descripción del cronograma de exploraciones;
- ✓ Estimado del volumen de desmonte;
- ✓ Plan de disposición de desmonte.

### 1. Plan de Exploraciones

Los siguientes elementos son representativos de un plan de exploración que debe ser descrito en el análisis de los impactos al recurso hídrico:

- ✓ Tipos y volúmenes estimados de mineral a ser extraído;
- ✓ Instalaciones principales del proyecto y área de alteración asociada;
- ✓ Descripción detallada de las instalaciones para la exploración;
- ✓ Volumen estimado del abastecimiento y consumo de agua tanto para propósitos industriales como para el consumo humano;
- ✓ Volumen estimado del agua residual producida;
- ✓ Número estimado de trabajos temporales y permanentes que se generarán en las fases preparatoria y operacional del proyecto.



#### **a. Área(s) de Disposición de Desechos, Pila(s) de Mineral y Pila(s) de Suelo Superficial**

Las ubicaciones de todas las áreas de disposición de desechos, pilas de mineral y pilas de suelo superficial deben figurar en el plano topográfico del proyecto. La construcción del área de disposición de mineral y pilas de mineral se puede describir en términos de área de extensión, altura del material, estabilidad de pendiente y, en el caso del desmonte, actividades de rehabilitación futuras. Los métodos que se usarán para controlar la escorrentía y la erosión también pueden ser discutidos. Todas las medidas de control de contaminación planificadas deben ser detalladas específicamente para ayudar al análisis de los impactos al recurso hídrico.

#### **b. Trabajos de Exploración**

La descripción de los trabajos de exploración debe incluir una discusión del equipo requerido, la capacidad y el uso estimado de reactivos. Debe presentarse una discusión detallada en lo referente a las medidas de control de contaminación diseñadas para minimizar la degradación ambiental. Además, todas las instalaciones de tratamiento de desechos tales como las plantas de tratamiento de aguas residuales e instalaciones para manejo de agua de contacto deben incluirse en la descripción del proyecto.

#### **c. Caminos**

Todos los caminos de acceso al lugar del proyecto deben mostrarse tanto en el mapa base como en el plano topográfico del área del proyecto. Estas vías de acceso se deben describir en términos de capacidad y uso estimado presentes durante las fases operacionales y preparatorias del proyecto. Cualquier nueva vía de acceso que se planea construir también debe figurar en el mapa base y en el plano topográfico del área del proyecto y debe ser descrita en el EIA.





#### **d. Servicios e Instalaciones Auxiliares**

Dependiendo de la naturaleza del proyecto, puede ser necesario apoyar el proyecto con servicios e instalaciones auxiliares. Todas las instalaciones auxiliares deben ser mostradas en el plano topográfico del proyecto. Los planos de construcción para las instalaciones auxiliares también deben ser incluidos.

### **2. Plan de Monitoreo Hídrico**

La descripción del proyecto propuesto debe contener un plan de monitoreo hídrico adecuado para garantizar el cumplimiento con los estándares ambientales y de salud humana establecidos por las autoridades pertinentes. El plan de monitoreo también proporciona al operador un control de calidad interna para asegurar el funcionamiento apropiado de las instalaciones. El diseño del proyecto debe contener medidas de control de contaminación apropiadas que puedan ser verificadas con un plan de monitoreo total.

Los planes de monitoreo de aguas superficiales y subterráneas deben ser desarrollados de manera específica al proyecto. En general, cualquier sistema de agua que pudiera ser potencialmente impactado debe ser monitoreado a través de un plan de muestreo de agua. Este plan debe especificar los puntos de muestreo, la frecuencia, los métodos de colección y los parámetros analíticos, si fuera requerido. Un plan de monitoreo de agua subterránea debe incluirse si se determinasen impactos potenciales. Los puntos de muestreo deben ser ubicados gradiente abajo de cualquier instalación que podría impactar potencialmente las aguas superficiales y subterráneas.

### **3. Plan de Rehabilitación del Proyecto**

El plan de rehabilitación debe ser considerado y evaluado durante el análisis de impactos a fin de minimizar los impactos ambientales adversos producidos por desechos sólidos, líquidos o de otro tipo existentes durante el cierre a corto y largo plazo.

La siguiente lista presenta objetivos ambientales que deben ser considerados en el plan de rehabilitación del proyecto:



- ✓ Calidad y cantidad del agua superficial y subterránea (relevante para los estándares específicos);
- ✓ Calidad de agua de descarga (efluentes).

#### **4. Plan de Manejo Hídrico**

La descripción del proyecto debe presentar un plan de manejo hídrico que esquematice las obligaciones ambientales en el manejo del proyecto para el recurso hídrico enmarcado en un plan de manejo ambiental.

El plan de manejo hídrico debe ser presentado para indicar las actividades y programas que serán implementados antes y durante el proyecto para garantizar el cumplimiento con los estándares y prácticas ambientales existentes.

Los puntos específicos que pueden ser presentados en el plan de manejo hídrico incluyen la capacitación ambiental de los empleados y exposiciones sobre las responsabilidades de la gerencia de la compañía. La gerencia debe dedicarse a garantizar el cumplimiento ambiental a través de la promoción de la conciencia ambiental en todos los empleados.

#### **3.1.5.4 Impactos Previsibles al Medio Ambiente**

En esta sección se debe identificar y discutir todos los impactos ambientales potenciales al recurso hídrico asociados con las actividades del proyecto. Los impactos ambientales pueden ser considerados como positivos o negativos tomando en cuenta los elementos ambientales afectados.

##### **1. Metodología de Evaluación de Impactos Ambientales**

La evaluación del impacto requiere un enfoque integrado y el conocimiento del ambiente existente junto con la comprensión de toda la descripción del proyecto para determinar el rango completo de los impactos probables, positivos o negativos. En la mayoría de los casos, los impactos pueden ser cuantificados; sin embargo, las evaluaciones cualitativas también se pueden requerir cuando se tengan a disposición datos específicos. En el presente estudio se ha utilizado la metodología de la matriz de



Leopold para cuantificar los impactos al recurso hídrico, cuya teoría básica se describe a continuación.

#### a. Matriz de Leopold

Las matrices causa-efecto son métodos de identificación de impactos que consisten en cuadros de doble entrada en los que figuran las acciones que pueden provocar alteraciones y los elementos del medio que pueden ser alterados. Una de las matrices más utilizadas es la de Leopold, que recoge cien acciones que pueden ser relacionadas con ochenta y ocho factores ambientales.

La matriz de Leopold fue el primer método que se estableció para las evaluaciones de impacto ambiental y se preparó para el Servicio Geológico del Ministerio del Interior de los Estados Unidos para evaluar el impacto de una mina de fosfatos. En realidad se trata de un sistema de información y de identificación, más que de evaluación. La base del sistema es una matriz en que las entradas según columnas son las acciones del hombre que pueden alterar el medio ambiente y las entradas según filas son las características del medio o factores ambientales que pueden ser alteradas.

En total hay 8800 interacciones posibles, de las cuales habrá muchas de ellas que serán teóricas o improbables, pero la exhaustividad del listado evita el olvido de las relaciones características de cada actuación humana o proyecto. El análisis que supone la construcción de la matriz no da una estimación cuantitativa rigurosa, pero incluye muchos juicios de valor que pueden servir para valorar los alcances globales de los proyectos con todas las acciones humanas que comportan. La forma más eficaz de usar la matriz requiere las siguientes fases:

- ✓ Identificar las acciones implicadas significativamente en cada proyecto;
- ✓ Señalar las casillas que signifiquen una interacción importante (impacto) con los factores del medio. Puede señalarse si la interacción es duradera durante todo el proceso de desarrollo de la acción;
- ✓ Intentar evaluar cuantitativamente la magnitud de los impactos previstos. Usar una escala de fácil interpretación.



## 2. Ambiente Físico

Los recursos de aguas superficiales y subterráneas son relativamente complejos y funcionalmente vitales para todo el ambiente. Por lo tanto, se debe realizar gran esfuerzo para evaluar e identificar todos los impactos a las aguas relacionadas con el proyecto. Debido a la naturaleza compleja de este recurso, es común tratar los impactos que afectan la cantidad, abastecimiento y calidad del agua.

A continuación se describen los impactos que pueden generarse en el recurso hídrico:

### i. Cantidad de Aguas Superficiales

Las actividades de exploración pueden generar impactos a la cantidad y calidad de las aguas superficiales en el espacio y tiempo a través de:

- ✓ Cambios en las configuraciones de drenaje y los factores hidráulicos que afectan los flujos de agua superficial;
- ✓ Cambios en el uso del agua;
- ✓ Factores hidrológicos como la evaporación y evapotranspiración, escorrentía de aguas en áreas de tormenta (es decir, infiltración y almacenamiento) y transferencias de agua.

Por lo tanto, es importante que estos cambios sean evaluados. Los aspectos de estos cambios son resumidos en las secciones siguientes. En general, los pasos para la evaluación de impactos en la cantidad de agua incluyen:

- ✓ Reunir datos de antecedentes descriptivos para establecer cuencas de drenaje y características hidrológicas;
- ✓ Describir actividades mineras propuestas que pueden ocasionar impactos a la cantidad de agua (es decir, interrupción de vías de flujo natural, disminución de la infiltración, remoción de la vegetación);
- ✓ Predecir cambios en la cantidad de agua que pueden generarse como resultado de actividades de minería;



- ✓ Comparar los cambios predichos en la cantidad de agua con usos de agua existentes.

### Configuraciones de los Drenajes

Los cambios para la configuración del drenaje se generan a través de la modificación de las características de la tierra. Estas modificaciones varían desde la simple re nivelación que redirige el flujo superficial hasta la construcción de canales de drenaje que interceptan y canalizan la escorrentía de precipitaciones. Dependiendo de la extensión de la reconfiguración de los drenajes, los porcentajes máximos de flujo de escorrentías de precipitaciones en un punto dado en un drenaje pueden incrementar o decrecer. Los cambios en las configuraciones de la red de drenajes pueden ser suficientemente identificados para las condiciones futuras y existentes de tierra utilizando mapas topográficos.

Los factores hidráulicos que pueden influir en la cantidad de agua son los asociados con las características físicas de ríos, corrientes y drenajes. Incluyen, por ejemplo, áreas de sección transversal, pendiente y rudeza del material del banco y lecho. La modificación de cualquier factor hidráulico puede ocasionar cambios en el tiempo y en el porcentaje máximo del flujo de precipitaciones.

### Factores Hidrológicos

Los factores hidrológicos que pueden influir en la cantidad de aguas superficiales incluyen la evaporación, evapotranspiración, infiltración, almacenamiento, escorrentía y transferencia de agua. Están representados en la ecuación hidrológica:

$$\textbf{Precipitación} = \textbf{EV} + \textbf{EVT} + \textbf{INF} + \textbf{A} + \textbf{ES} + \textbf{TA}$$

Dónde:

- EV : Evaporación
- EVT : Evapotranspiración
- INF : Infiltración
- A : Almacenamiento



ES : Escorrentía

TA : Transferencia de agua

Como se muestra en la ecuación, cualquier cambio en los factores hidrológicos puede ocasionar cambios en la distribución espacial y temporal de las aguas superficiales. Se pueden esperar cambios en la evaporación si las actividades cambian la naturaleza y/o cantidad de superficies de agua libres. Para evaluar este elemento generalmente es suficiente conocer el área de las aguas superficiales sumadas o restadas del total y correlacionando esto con la evaporación estimada.

La evapotranspiración está comprendida por la evaporación de la humedad y la transpiración del agua del suelo por medio de las plantas. La evapotranspiración puede ser una consideración importante en el balance hidrológico cuando grandes áreas vegetadas son disturbadas.

La infiltración depende de un número de factores incluyendo la intensidad y duración de la precipitación, las condiciones de la superficie del suelo, el tipo de cobertura vegetal y las propiedades del suelo. Los requerimientos básicos para evaluar los cambios en la infiltración incluyen descripciones de las superficies disturbadas o no, junto con estimados de cambios esperados en los porcentajes de infiltración.

El almacenamiento en una cuenca de drenaje puede ser cambiado a través de la construcción de reservorios y modificaciones superficiales que crean depresiones.

El tipo esencial de información requerida para evaluar los cambios en la escorrentía incluirán los cambios en los patrones de escorrentía y los factores hidráulicos de los ríos, corrientes y drenajes.

Las transferencias de agua son transferencias de agua fuera de una cuenca de drenaje para ser usada en otra cuenca. Esto se puede llevar a cabo a través de tuberías que transporten el agua de una cuenca a otra.



## Factores del Uso de Aguas

Tal vez la mayor preocupación en cuanto a los impactos a la cantidad de agua de las actividades de minería serán los cambios en el uso del agua. El uso del agua para las actividades del proyecto puede disminuir la cantidad de agua disponible para los usuarios corriente abajo. Por lo tanto, es imperativo que se tome en cuenta este factor hidráulico al momento de evaluar los impactos a la cantidad de agua.

### ii. Cantidad de Agua Subterránea

La evaluación de los impactos a la cantidad de aguas subterráneas es, de muchas maneras, similar a la de aguas superficiales. La cantidad del recurso agua puede ser impactada por las actividades que alteran los factores hidráulicos, los factores hidrológicos o los factores de uso de agua tal como se discutió anteriormente.

Los factores hidráulicos de las aguas subterráneas que pueden ser afectados incluyen cambios en la superficie potenciométrica y propiedades de transporte de aguas superficiales y subterráneas. Cualquier actividad de exploración que aprovecha los suministros de agua del subsuelo alterará la superficie potenciométrica. Ello puede originar la disminución de la superficie de aguas subterráneas que pueden generar conflictos con otros usuarios (por ejemplo, un manantial que es usado como fuente de agua puede dejar de fluir).

Las propiedades de transporte del agua (es decir, transmisibilidad, rendimiento específico) de un acuífero también pueden ser cambiadas por las actividades del proyecto impactando, por lo tanto, la cantidad de agua subterránea.

La exploración subterránea tiene el potencial para cambiar la capacidad de transporte del agua de un acuífero en un área localizada a través de la modificación de las propiedades superficiales y subterráneas. Como mínimo, se debe recopilar datos que definan las superficies existentes de agua subterránea. Debido a la complejidad inherente del análisis de agua subterránea, generalmente no serán justificables estudios detallados, a menos que las condiciones localizadas específicas adviertan problemas incipientes.



### iii. Calidad del Agua

Los impactos en la calidad del agua generalmente son los más significativamente asociados con las actividades de exploración. Adicionalmente, la degradación de la calidad del agua puede influir y ocasionar impactos secundarios.

Los impactos en la calidad del agua generalmente pueden ser divididos en las siguientes categorías:

- ✓ Propiedades térmicas;
- ✓ Factores estéticos, incluyendo color, sabor y olor;
- ✓ Sólidos y residuos;
- ✓ Factores químicos inorgánicos;
- ✓ Factores químicos orgánicos;
- ✓ Factores microbiológicos.

Los pasos para evaluar los impactos en la calidad del agua son:

- ✓ Reunir datos de los antecedentes descriptivos sobre las características fisiográficas, la precipitación, las escorrentías, la calidad de las corrientes, los estándares de calidad de agua y las fuentes de contaminación;
- ✓ Describir las actividades de exploración propuestas que podrían ocasionar impactos a la calidad del agua, y las instalaciones del proyecto que tienen el potencial para contribuir a la contaminación de aguas superficiales y subterráneas;
- ✓ Predecir los cambios en la calidad del agua que podrían ocurrir como resultado de las actividades de exploración;
- ✓ Comparar los cambios previstos en la calidad del agua con los estándares de calidad de agua existentes.

#### Propiedades Térmicas

El régimen térmico de los ríos y lagos puede ser cambiado como resultado de la descarga de aguas calientes a ríos y lagos. Las actividades de exploración no generarán la descarga de aguas calientes afectando las propiedades térmicas de las





aguas receptoras. Sin embargo, se debe tener en cuenta este impacto potencial a la calidad del agua, y en esos casos, cuando se considere que las descargas de aguas calientes constituirán un problema se debe requerir de estudios especiales.

### **Propiedades Estéticas**

Las actividades de exploración también pueden ocasionar cambios en las propiedades estéticas (por ejemplo, color, sabor y olor) del agua. Ejemplos típicos son:

- ✓ Drenaje ácido de mina que ocasiona precipitación de hierro dando un color rojo o amarillo a la corriente hídrica;
- ✓ Descarga de constituyentes (particularmente compuestos orgánicos) hacia aguas receptoras a través de operaciones normales, accidentes y derrames, generando cambios en el olor, color y sabor;
- ✓ Incremento de la erosión de los suelos durante las actividades de construcción que originan el incremento de la turbidez (cambio del color).

La presencia de contaminantes específicos en el agua a menudo constituye la base para los cambios en las propiedades estéticas del agua. Por lo tanto, los cambios en las propiedades estéticas del agua podrían ser discutidas en cualquiera de las categorías de impactos anteriormente listadas. Sin embargo, ya que los cambios en las propiedades estéticas del agua frecuentemente son detectadas antes de otros cambios en la calidad del agua y que, en general, la percepción del público de las propiedades estéticas del agua a menudo sirve de base para tomar conciencia de la existencia de problemas en la calidad del agua, los impactos del proyecto a las propiedades estéticas del agua es un punto de impacto a tomar en consideración.

### **Sólidos y Residuos**

Los sólidos y residuos incluyen cualquier sustancia flotante o suspendida, también sedimentos, que impactan la calidad estética del cuerpo de agua receptor y, en el caso del incremento de cargas sedimentarias, que pueden ser potencialmente impactadas en organismos acuáticos.



La principal preocupación probablemente no sea cuantificar los contaminantes sino identificar todas las fuentes potenciales de contaminantes e implementar mejores prácticas de manejo para controlar o eliminar la descarga de contaminantes a los cuerpos de agua receptores.

### **Factores Químicos Inorgánicos**

Las actividades de exploración pueden ser una fuente de descargas químicas inorgánicas a las aguas superficiales y subterráneas. La fuente de descarga más seria y visible será el drenaje ácido de roca, grave problema que ocasiona la disminución de pH en los cuerpos de aguas superficiales impactados, que puede eliminar la vida acuática.

La generación de ácido también puede generar la lixiviación de metales pesados de la roca con la que toma contacto. Si se transportan a una fuente de agua para beber, estos metales pesados representan una seria amenaza para la salud humana.

### **Factores Químicos Orgánicos**

Las actividades de exploración también pueden contribuir con la descarga de constituyentes orgánicos en las aguas superficiales. La materia orgánica de las áreas disturbadas y áreas de disposición de desechos pueden ingresar a las aguas superficiales.

### **Factores Microbiológicos**

Esta característica de la calidad de agua tiene relación con los microorganismos patógenos que pueden causar enfermedades, dar sabor y olor al agua e interferir con los procesos de tratamiento de agua. Las fuentes de contaminación microbiológica incluyen los desechos animales y humanos y las soluciones de lixiviación de los botaderos y áreas disturbadas.



### 3.1.6 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

El PAMA tiene como objetivos prevenir, mitigar, controlar, eliminar, rehabilitar y compensar progresivamente en plazos racionales, los impactos ambientales negativos que viene causando una obra o actividad en actual desarrollo.

En lo concerniente a la parte hídrica, deberá incluir las propuestas de acción y los programas y cronogramas de inversión necesarios para incorporar los adelantos tecnológicos y/o medidas alternativas de prevención de contaminación, cuyo propósito sea optimizar el uso de las materias primas e insumos, y minimizar o eliminar las emisiones, descargas y/o vertimientos sobre cuerpos de agua tanto superficial como subterránea, esto último cumpliendo con las disposiciones legales aplicables o estándares internacionales.

En resumen un PAMA para el recurso hídrico comprende:

- ✓ La identificación de los impactos ambientales existentes derivados de las operaciones de la actividad, cuyo efecto directo o indirecto repercute sobre el recurso hídrico;
- ✓ La identificación de los límites máximos permisibles (LMP) de los efluentes mineros;
- ✓ La identificación de las medidas propuestas para la mitigación de los impactos ambientales producidos por las descargas de efluentes, con el objeto de lograr una reducción en las concentraciones del contaminante en el ambiente, a un porcentaje menor o igual de los LMP;
- ✓ La identificación de los procedimientos de monitoreo para la vigilancia y control de emisiones y efluentes;

Adicionalmente el PAMA debe presentar en detalle el cronograma presentado para la implementación de los procedimientos propuestos y el costo de esta implementación. También debe contener toda información técnica, económica y datos adicionales pertinentes necesarios para respaldar las medidas de mitigación y de implementación propuestas.



### 3.1.7 PLAN DE CIERRE CONCEPTUAL

El plan de cierre describe las medidas que el propietario de una concesión minera implementará a fin de evitar los efectos adversos en el ambiente, producto de los desechos sólidos, líquidos o de otro tipo, que pudieran existir en el emplazamiento a largo, mediano o a corto plazo.

Este plan describirá la manera en que las tierras afectadas serán estabilizadas o restauradas durante períodos de cierre temporal o final de las instalaciones del emplazamiento. En general debe incluir consideraciones específicas de todas las unidades dentro de los límites del área de emplazamiento. Estas unidades pueden incluir:

- ✓ Todos los caminos de acceso y para carga;
- ✓ Instalaciones de almacenamiento de relaves (pozas y presas de relaves), pilas de desechos, pilas lixiviadas, pozas de solución y estructuras relacionadas;
- ✓ Edificios, instalaciones para el proceso y molienda y otras estructuras.

Específicamente, el D.S 016-93-EM el Capítulo IV Artículo 27 establece que todo plan de cierre del área de una conexión minera para las operaciones subterráneas y a tajo abierto debe tener en cuenta consideraciones relacionadas con 1) las medidas para garantizar la estabilidad del suelo superficial, 2) la revegetación, si fuera técnica y económicamente posible, y 3) las medidas para prevenir la contaminación de fuentes de agua. Para el abandono definitivo de pozas de desechos o relaves, el Título II, capítulo I Artículo 39 del Decreto Supremo establece que se deben implementar disposiciones para preservar la estabilidad de las pozas, especialmente en cuanto a la permanencias y operación de los canales de derivación de agua, si existieran, y el tratamiento superficial del material y embalse para prevenir la erosión.

#### 3.1.7.1 Actividades de Cierre

Los elementos del diseño que deben ser incluidos en un plan de restauración que son comunes a la mayoría de las unidades de un área del emplazamiento y que están relacionado con el recurso hídrico son:



- ✓ La caracterización del material;
- ✓ El control de escorrentías;
- ✓ El monitoreo;
- ✓ El mantenimiento post-restauración;
- ✓ La estabilidad geomorfológica;
- ✓ Los controles de filtración;
- ✓ El control de sedimentos;
- ✓ Destoxicación.

### **1. Caracterización del Material**

Se requiere conocer las características específicas de los materiales para desarrollar apropiadamente los planes de estabilización y llevar a cabo el control de sedimentos/erosión y la revegetación. Este plan debe incluir el muestreo y el análisis del material superficial en cada mina para cuantificar los parámetros químicos y las propiedades físicas.

### **2. Control de Escorrentías**

El control de escorrentía (como el drenaje superficial del agua de lluvia proveniente de una cancha de relaves, por ejemplo) debe ser evaluado para determinar el potencial de erosión sobre superficies rehabilitadas, restauración de vías de flujo disturbados antes de la alteración (si fuera práctico) y reducir la infiltración en las pozas de relaves a fin de minimizar la descarga potencial de los deslizamientos.

### **3. Estabilidad Geomorfológica**

La estabilidad geomorfológica se refiere al potencial por el cual un drenaje natural puede tener un impacto indeseable en la estabilidad de un área restaurada. Por ejemplo un canal natural es inestable, la migración lateral o carcaveo pueden traspasar los límites hasta las áreas adyacentes o las partes más bajas de las unidades mineras como las presas de relaves.



#### **4. Control de Infiltraciones**

Se debe realizar el control de infiltraciones en varias unidades, como por ejemplo, las canchas de relaves, mediante la combinación del desarrollo de una configuración superficial que mejorará la escorrentía desde las superficies rehabilitadas y el establecimiento de una cobertura superficial que podría ser una cobertura fabricada, compuesta de materiales impermeables sintéticos o naturales, o una simple cobertura vegetativa auto-perdurable, bien desarrollada sobre la superficie. Las filtraciones esperadas en todas las superficies revegetadas deben ser examinadas a fin de evaluar los impactos potenciales a largo plazo sobre la calidad del agua subterránea. La combinación de las técnicas de rehabilitación implementadas en las superficies restauradas debe reducirse la infiltración en esas unidades y producir condiciones aceptables de filtración a largo plazo.

#### **5. Control de Sedimentos**

Las medidas de control de sedimentos deben ser desarrolladas para unidades de minas específicas e incluidas en el plan de rehabilitación. El control de sedimentos a largo plazo puede ser llevado a cabo mediante el establecimiento de la vegetación en combinación con el renivelado y el control apropiado del drenaje. Estas medidas incluyen presas de pequeña dimensión, drenajes locales, enmallado y/o cobertura inertes húmedas en pendientes excesivas.

#### **6. Destoxicación**

La destoxicación puede requerir la eliminación de contaminantes residuales/químicos tóxicos que afecten el medio natural.

### **3.1.8 MONITOREO Y MANTENIMIENTO POST – CIERRE**

#### **3.1.8.1 Mantenimiento Geoquímico**

##### **1. Cuidado Pasivo**

La información para describir los programas de mantenimiento final de estabilización geoquímica de cuidado pasivo deberá incluir:



- ✓ Inspecciones de las coberturas usadas para prevenir la generación de drenaje ácido de mina, incluyendo cronograma, metodología y requerimientos de reporte;
- ✓ Control de los humedales usados para la atenuación del drenaje ácido de mina, incluyendo el cronograma, metodología y requerimientos de reporte. Es importante verificar la operación propia del sistema de colección de drenaje, la vegetación remanente y su mantenimiento, y las pérdidas por infiltración;
- ✓ Control del sistema de transporte y colección de agua, incluyendo el cronograma, metodología y requerimientos de reporte.

## 2. Cuidado Activo

La información para describir los programas de mantenimiento final de estabilización geoquímica de cuidado activo deberá incluir:

- ✓ Programa de mantenimiento para los equipos eléctricos, mecánicos o de neumáticos usados en el sistema, incluyendo el cronograma, metodología y requerimientos de reporte;
- ✓ Mantenimiento del sistema de control de procesos y automatización, incluyendo el cronograma, metodología y requerimiento de reporte;
- ✓ Control de los sistemas de colección y transporte de agua, incluyendo el cronograma, metodología y requerimientos de reporte;
- ✓ Controlar la calidad y cantidad del agua tratada;
- ✓ Controlar la calidad y cantidad de lodos generados;
- ✓ Control del área de disposición de lodos y de almacenamiento en relación a su capacidad, confinamiento de los residuos, estructura de la presa, etc.;
- ✓ Revisión de los planes de emergencia y contingencia para los casos de fallas de energía, flujos altos o bajos de aguas residuales, fallas de botaderos, abastecimiento de reactivos químicos, etc.;
- ✓ Revisión del manual de instrucciones para la operación, monitoreo y mantenimiento de las instalaciones y del sistema de tratamiento, y para garantizar su precisión e integridad;
- ✓ Garantizar la capacidad y conocimiento del operador sobre la operación, mantenimiento y monitoreo de las instalaciones y sistema de tratamiento.



### 3.1.8.2 Mantenimiento Hidrológico

#### 1. Cuidado Pasivo

Incluir la información para la descripción detallada de las actividades de mantenimiento pasivo relacionadas con las instalaciones de manejo de agua, incluyendo:

- ✓ Mantenimiento de canales de derivación, barreras ribereñas, estructuras de control de erosión y otras instalaciones de manejo de agua requeridas para garantizar la estabilidad física post cierre.

#### 2. Cuidado Activo

Presentar la información para la descripción detallada de las actividades de mantenimiento activo relacionadas con las instalaciones de manejo de agua, incluyendo:

- ✓ Mantenimiento de canales de derivación, barreras ribereñas, estructuras de control de erosión y otras instalaciones de manejo de agua requeridas para garantizar la estabilidad física post cierre.

### 3.1.8.3 Monitoreo de la Estabilidad Geoquímica

El programa de monitoreo para las actividades dirigidas a prevenir la generación de lixiviación de metales y drenaje ácido de roca deberá incluir lo siguiente:

- ✓ Inspecciones de coberturas para detectar la presencia de grietas o fallas en la superficie;
- ✓ Frecuencia de las inspecciones y requerimientos de presentación de informes.

El programa de monitoreo para el sistema de tratamiento de agua incluirá lo siguiente:

- ✓ Definición de los parámetros relevantes a monitorear;
- ✓ Cronograma y frecuencia de monitoreo;





- ✓ Caudales y concentraciones en el ingreso y descarga del sistema de tratamiento;
- ✓ Definición de niveles de alerta para los parámetros seleccionados y de las acciones correctivas que se adoptarán en caso estos niveles sean excedidos;
- ✓ Medición de los reactivos químicos y subproductos;
- ✓ Calidad y cantidad de producción de lodos;
- ✓ Revisión de métodos de muestreo y métodos de análisis para garantizar el aseguramiento y control de la calidad (QA/QC).

El programa de monitoreo de calidad de agua para la estabilidad geoquímica deberá incluir lo siguiente:

- ✓ Monitoreo de la calidad del agua en los cursos de aguas superficiales receptores, incluyendo la ubicación de las estaciones de monitoreo, frecuencia del muestreo y análisis, metodología y lista de parámetros que serán analizados y procedimientos de aseguramiento y control de calidad (QA/QC).
- ✓ Monitoreo de calidad de aguas subterráneas en los acuíferos receptores de aguas subterráneas, incluyendo la ubicación de las estaciones de monitoreo (pozos de monitoreo de aguas subterráneas), frecuencia de muestreo y análisis, metodología, lista de parámetros que serán analizados y procedimientos de aseguramiento y control de calidad (QA/QC).
- ✓ Los programas de monitoreo de calidad de agua deberán considerar mínimo los siguientes parámetros: pH, conductividad, sólidos totales en suspensión, sólidos totales disueltos, nitratos, alcalinidad, acidez, dureza, cianuro total, cianuro WAD, amonio, sulfato, aluminio, arsénico, cadmio, calcio, cobre, hierro, plomo, mercurio, molibdeno, níquel y zinc. Otros parámetros podrían ser necesarios en cada caso particular. En caso se demuestre que ninguno de los parámetros anteriormente indicados aplican al proyecto específico, se deberán especificar los requerimientos de monitoreo.
- ✓ Monitoreo de los efectos biológicos (e.g., efectos en comunidad de invertebrados bentónicos y peces) y de sedimentos (e.g., contenido y especiación de metales).
- ✓ Revisión de los métodos de muestreo y análisis para el aseguramiento y control de calidad (QA/QC).



#### **3.1.8.4 Monitoreo del Manejo de Aguas**

Requerimientos de monitoreo de las secciones mínimas de canales de derivación; así como de la integridad de los canales, alcantarillado y otras estructuras necesarias para el transporte de agua después del cierre.

### **3.2 OBRAS DE CONTROL HÍDRICO**

#### **3.2.1 INTRODUCCIÓN**

Una vez determinados los impactos sobre el recurso hídrico que se generarán por las actividades de exploración minera será necesario diseñar las obras de control necesarias para mitigar estos impactos.

En la presente sección se presenta el marco teórico básico con el cual se deberían diseñar las mencionadas obras de control, el cual incluye los estudios básicos y de diseño que se requieren mayormente.

#### **3.2.2 ESTUDIOS BÁSICOS REQUERIDOS**

La gran mayoría de los estudios detallados a continuación se desarrollan en los estudios de impacto ambiental como parte de la caracterización del lugar del proyecto, por lo que disminuyen los requerimientos de información necesaria para los diseños.

A continuación presentamos breves resúmenes del contenido de los estudios básicos que son necesarios para el correcto diseño de las estructuras de control.

##### **3.2.2.1 Topografía**

Los estudios topográficos tendrán como objetivos:

- ✓ Realizar los trabajos de campo que permitan elaborar los planos topográficos;
- ✓ Proporcionar información de base para los estudios de ecología, geología, geotecnia, hidrología, hidráulica, hidrogeología y efectos en el medio ambiente;



- ✓ Posibilitar la definición precisa de la ubicación y las dimensiones de los componentes mineros y obras de control;
- ✓ Establecer puntos de referencia para el replanteo durante la construcción.

La instrumentación y el grado de precisión empleados para los trabajos de campo y el procesamiento de los datos deberán ser consistentes con la dimensión de las estructuras y con la magnitud del área estudiada. En cualquier caso los instrumentos y los procedimientos empleados deberán corresponder a la mejor práctica de la ingeniería.

Preliminarmente se pueden utilizar topografías de menor resolución (imágenes satelitales, aerofotografías, cartas nacionales, etc.) para ubicación de componentes y obras de control y también para estudios regionales o de mayor envergadura que imposibiliten levantamientos topográficos como es el caso de la geología, hidrología, hidrogeología, etc.

### 3.2.2.2 Geología

El objetivo de este estudio es el de establecer las características geológicas, tanto local como general de las diferentes formaciones geológicas que se encuentran en el área de estudio. Los estudios geológicos comprenderán:

- ✓ Revisión de información existente y descripción de la geología a nivel regional y local.
- ✓ Descripción geomorfológica del área de estudio;
- ✓ Zonificación geológica del área de estudio;
- ✓ Definición de las propiedades físicas y mecánicas de suelos y/o rocas;
- ✓ Definición de zonas de deslizamientos, huaycos y aluviones sucedidos en el pasado y de potencial ocurrencia en el futuro;
- ✓ Recomendación de canteras para materiales de construcción;
- ✓ Identificación y caracterización de fallas geológicas.



### 3.2.2.3 Geotecnia

El objetivo central del estudio de geotecnia es el de establecer las características geotécnicas, es decir, la estratigrafía, la identificación y las propiedades físicas y mecánicas de los suelos para el diseño de cimentaciones estables.

El estudio debe considerar exploraciones de campo y ensayos de laboratorio, cuya cantidad será determinada en base a la envergadura del proyecto y las condiciones del suelo. Los Estudios geotécnicos comprenderán:

- ✓ Ensayos de campo en suelos y/o rocas;
- ✓ Ensayos de laboratorio en muestras de suelo y/o roca extraídas del área de estudio;
- ✓ Descripción de las condiciones del suelo, estratigrafía e identificación de los estratos de suelo o base rocosa;
- ✓ Definición de tipos y profundidades de cimentaciones adecuadas, así como parámetros geotécnicos preliminares para los diseños a nivel de factibilidad;
- ✓ Dependiendo de la envergadura del proyecto y del tipo de suelo se podrán realizar ensayos de refracción sísmica, complementados por perforaciones o excavaciones de verificación.

### 3.2.2.4 Estudios de Peligro Sísmico

Los estudios de peligro sísmico tendrán como finalidad la determinación de espectros de diseño que definan las componentes horizontal y vertical del sismo a nivel de la cota de cimentación.

Cuando se requiera un estudio de peligro sísmico para el sitio, éste deberá comprender como mínimo lo siguiente:

- ✓ Recopilación y clasificación de la información sobre los sismos observados en el pasado, con particular referencia a los daños reportados y a las posibles magnitudes y epicentros de los eventos;
- ✓ Antecedentes geológicos, tectónica y sismotectónica y mapa geológico de la zona de influencia;



- ✓ Estudios de suelos, definiéndose la estratigrafía y las características físicas más importantes del material en cada estrato. Cuando sea procedente, deberá determinarse la profundidad de la capa freática;
- ✓ Prospección geofísica, determinándose velocidades de ondas compresionales y de corte a distintas profundidades;
- ✓ Determinación de las máximas aceleración, velocidad y desplazamiento en el basamento rocoso correspondientes al “sismo de diseño” y al “máximo sismo creíble”. Para propósitos de este Reglamento se define como sismo de diseño al evento con 10% de probabilidad de excedencia en 50 años, lo que corresponde a un período de retorno promedio de aproximadamente 475 años. Se considera como máximo sismo creíble a aquel con un período medio de retorno de 2500 años;
- ✓ Determinación de espectros de respuesta (correspondientes al “sismo de diseño”) para cada componente, a nivel del basamento rocoso y a nivel de la cimentación.

#### 3.2.2.5 Geoquímica

El estudio geoquímico en proyectos de exploración consiste básicamente en la evaluación de la posibilidad de generación de drenaje ácido, a partir de la exposición de materiales geológicos que puedan contener minerales sulfurosos.

Este estudio comprenderá básicamente lo siguiente:

- ✓ Diseño del programa de muestreo y de los ensayos a realizarse (estáticos, de extracción y cinéticos);
- ✓ Muestreo de los materiales geológicos;
- ✓ Interpretación de los resultados de laboratorio;
- ✓ Determinación de la posibilidad de generación de drenaje ácido.

En etapas posteriores, tales como la explotación y/o el cierre se necesitan más estudios, tales como el pronóstico de la calidad de los efluentes, etc. En la etapa de exploración es suficiente conocer si existe potencial de generación de drenaje ácido.



### 3.2.2.6 Hidrología

El estudio de hidrología permitirá conocer el régimen hídrico del área de estudio además de cuantificarlo y cualificarlo. Además se deben identificar y caracterizar morfológicamente, fisiográficamente y climáticamente las cuencas que se encuentren dentro del área de influencia.

Este estudio nos permitirá conocer el régimen de caudales mínimos, medios y máximos a partir de los cuales se pueden dimensionar las obras hidráulicas necesarias para el buen funcionamiento del proyecto. Este estudio comprenderá básicamente lo siguiente:

- ✓ Delimitación de las cuencas que se encuentren dentro del área de influencia del proyecto minero;
- ✓ Caracterización morfológica y fisiográfica de las cuencas en estudio;
- ✓ Tratamiento y regionalización de la información hidrometeoro lógica;
- ✓ Caracterización climática de las cuencas en estudio;
- ✓ Generación de caudales mínimos, medios y máximos en las cuencas en estudio;
- ✓ Balance hídrico de las cuencas en estudio.

### 3.2.2.7 Hidrogeología

El estudio de hidrogeología es el más complejo de los desarrollados con el objetivo de conocer el potencial de los recursos hídricos del área de estudio. En la etapa de exploración no se requiere estudios de detalle, por lo que solamente se necesitan conocer los siguientes detalles:

- ✓ Caracterización de los parámetros hidrogeológicos del área de estudio;
- ✓ Caracterización hidrogeológica de los materiales geológicos del área de estudio;
- ✓ Caracterización del nivel freático en el área de estudio.

El estudio de hidrogeología se basa en otros estudios tales como la geofísica, a partir de la cual se puede conocer la distribución vertical de los materiales presentes en el área de estudio y cuyos resultados se pueden valorar mediante las perforaciones exploratorias realizadas.



En etapas posteriores el estudio de hidrogeología crece en complejidad, incorporándose modelos matemáticos para determinar el balance de aguas, comportamiento transitorio de la napa freática, la posibilidad de utilizar el recurso hídrico para diversos usos, la ruta de los contaminantes, drenaje subterráneo y de tajos, etc.

### **3.2.2.8 Calidad de Agua e Hidrogeoquímica**

Los muestreos de calidad de agua superficial y subterránea deberán ser realizados como parte de la línea base ambiental estableciéndose la red de muestreo de acuerdo a los lineamientos establecidos por las autoridades pertinentes. En la mayoría de casos se establecen puntos aguas arriba y aguas abajo de cada componente que involucre riesgos de contaminación al recurso hídrico, ya sea por cercanía o grado de contaminación, y en los cuerpos de agua (lagunas, ríos, quebradas, manantiales, humedales, etc.) que se encuentren dentro del área de influencia del proyecto.

El estudio de hidrogeoquímica deberá estar centrado en el análisis de los resultados de calidad de agua, estableciendo relaciones entre el recurso hídrico y su medio geológico circundante a fin de establecer el origen de los parámetros y minerales presentes en el agua. Este estudio deberá comprender básicamente lo siguiente:

- ✓ Balance iónico de los resultados a analizar;
- ✓ Caracterización hidrogeoquímica de las muestras analizadas;
- ✓ Análisis de sustancias potencialmente peligrosas;
- ✓ Relaciones entre el agua y el medio geológico circundante.

### **3.2.3 DISEÑO DE LAS OBRAS DE CONTROL HÍDRICO**

Conocido el medio ambiente circundante y las actividades a realizar en el proyecto de exploración minero se pueden plantear y diseñar las obras de control hídrico necesarias para minimizar el posible impacto que puedan generar las actividades mineras.



Los componentes mineros en proyectos de exploración son por lo general los siguientes:

- ✓ Galerías subterráneas;
- ✓ Pequeños tajos de cateo;
- ✓ Perforaciones exploratorias;
- ✓ Plataformas de perforación;
- ✓ Depósitos de desmonte y mineral;
- ✓ Accesos;
- ✓ Instalaciones auxiliares (campamentos, estructuras de abastecimiento y saneamiento, almacenes, etc.).

Por lo que las obras de control hídrico se limitan generalmente a lo siguiente:

- ✓ Canales de protección (Canales de coronación);
- ✓ Sistemas de subdrenaje;
- ✓ Pozas de sedimentación.

En casos particulares se pueden requerir plantas de tratamiento de agua, estructuras de almacenamiento, obras de protección ribereña, etc.

A continuación presentaremos brevemente el marco teórico para el diseño de sistemas de drenaje superficial, subdrenaje y de pozas de sedimentación.

### **3.2.3.1 Drenaje Superficial**

El objetivo principal del drenaje superficial en un proyecto minero es proteger los componentes mineros ante el agua de escorrentía. El sistema de recolección de aguas superficiales debe captar la escorrentía, tanto del talud como de la cuenca de drenaje arriba del componente minero y llevar el agua a un sitio seguro, lejos del componente que se va a proteger.

#### **1. Tipos de Obra de Drenaje Superficial**

Las obras de drenaje generalmente consisten en:





#### **a. Canales de Coronación**

Son canales que impiden que el agua de escorrentía se dirija hacia la zona a proteger.

#### **b. Diques en la Corona del Talud**

Son diques en relleno, colocados arriba de la corona, con el objeto de desviar hacia los lados las aguas de escorrentía.

#### **c. Drenos Franceses**

Son zanjas rellenas de material granular grueso que tienen por objetivo captar y conducir las aguas de escorrentía.

#### **d. Diques de Desvío**

Consisten en diques a través del talud para desviar lateralmente, las aguas de escorrentía.

#### **e. Conformación y Nivelación del Terreno.**

El objetivo es evitar o eliminar las depresiones y empozamientos de agua superficiales para disminuir los volúmenes de infiltración.

### **2. Canales de Coronación**

Los canales de coronación han sido concebidos con la finalidad de proteger las estructuras ante eventos de avenidas y no permitir el contacto del agua de escorrentía con materiales contaminantes, que puedan generar riesgos ambientales y peligros a la salud pública. Por ejemplo un depósito de desmonte con material generador de drenaje ácido debe ser protegido ante las escorrentías por el riesgo de contaminación que conlleva. En el diseño de un canal se debe tener en cuenta lo siguiente:



- ✓ Velocidad del agua en el canal;
- ✓ Geometría del canal (sección transversal, pendiente longitudinal, tirante, etc.);
- ✓ Tipo de revestimiento.

Los canales de coronación mayormente son trazados en sitios donde la topografía es accidentada por lo que debe verificarse para su diseño que la pendiente del canal no sea mayor que 1/10 (Ven te Chow, 1994), en cuyo caso debería utilizarse el factor de corrección por pendiente para realizar cálculos de mayor precisión.

#### **a. Trazo de Canales**

Cuando se trata de trazar un canal o un sistema de canales es necesario recolectar la siguiente información básica:

- ✓ Fotografías aéreas, imágenes satelitales, para localizar los poblados, caseríos, áreas de cultivo, vías de comunicación, etc.;
- ✓ Planos topográficos y catastrales;
- ✓ Estudios geológicos, salinidad, suelos y demás información que pueda conjugarse en el trazo de canales.

Una vez obtenido los datos precisos, se procede a trabajar en gabinete dando un trazo preliminar, el cual se replantea en campo, donde se hacen los ajustes necesarios, obteniéndose finalmente el trazo definitivo.

#### **b. Radios Mínimos en Canales**

En el diseño de canales, el cambio brusco de dirección se sustituye por una curva cuyo radio no debe ser muy grande, y debe escogerse un radio mínimo, dado que al trazar curvas con radios mayores al mínimo no significa ningún ahorro de energía, es decir la curva no será hidráulicamente más eficiente, en cambio sí será más costoso al darle una mayor longitud o mayor desarrollo.

Las siguientes tablas indican radios mínimos según el autor o la fuente:

**Cuadro N° 3.2: Radio mínimo en función al caudal**

Capacidad del Canal	Radio Mínimo
Hasta 10 m <sup>3</sup> /s	3*ancho de la base
De 10 a 14 m <sup>3</sup> /s	4*ancho de la base
De 14 a 17 m <sup>3</sup> /s	5*ancho de la base
De 17 a 20 m <sup>3</sup> /s	6*ancho de la base
Mayor a 20 m <sup>3</sup> /s	7*ancho de la base
Los radios mínimos deben ser redondeados hasta el próximo metro superior	

Fuente: "International Institute For Land Reclamation And Improvement" ILRI, Principios y Aplicaciones del Drenaje, Tomo IV, Wageningen The Netherlands, 1978.

**Cuadro N° 3.3: Radio mínimo en canales abiertos para  $Q < 20 \text{ m}^3/\text{s}$**

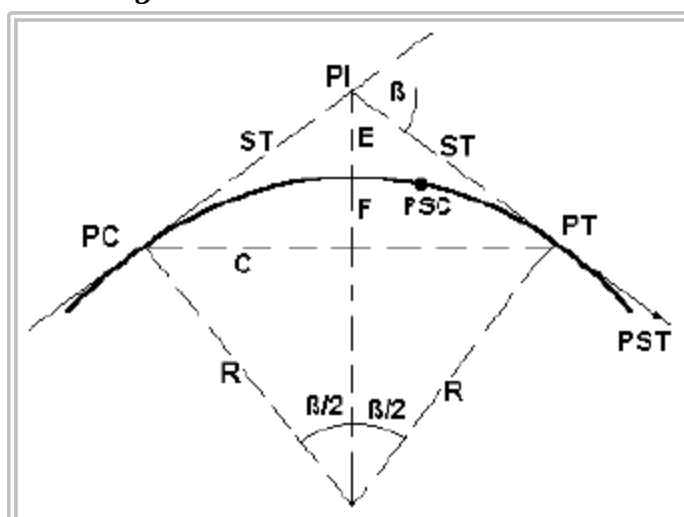
Capacidad del Canal	Radio Mínimo
20 m <sup>3</sup> /s	100 m
15 m <sup>3</sup> /s	80 m
10 m <sup>3</sup> /s	60 m
5 m <sup>3</sup> /s	20 m
1 m <sup>3</sup> /s	10 m
0.5 m <sup>3</sup> /s	5 m

Fuente: Ministerio de Agricultura y Alimentación, Boletín Técnico N° 7 "Consideraciones Generales sobre Canales Trapezoidales" Lima 1978

### c. Elementos de una Curva

En la figura y cuadro siguientes se presentan los elementos de curva para canales abiertos:

**Figura N° 3.1: Elementos de una curva**



Fuente: "Criterios de Diseños de Obras Hidráulicas para la Formulación de Proyectos Hidráulicos", Autoridad Nacional del Agua, Lima, 2010.



**Cuadro N° 3.4: Elementos de una curva**

Elemento	Descripción
A	Arco, es la longitud de curva medida en cuerdas de 20 m
C	Cuerda larga, cuerda que subtiende la curva desde PC hasta PT.
$\beta$	Angulo de deflexión, formado en el PI.
E	External, es la distancia de PI a la curva medida en la bisectriz.
F	Flecha, es la longitud de la perpendicular bajada del punto medio de la curva a la cuerda larga.
G	Grado, es el ángulo central.
LC	Longitud de curva que une PC con PT.
PC	Principio de una curva.
PI	Punto de inflexión.
PT	Punto de tangente.

Fuente: "Criterios de Diseños de Obras Hidráulicas para la Formulación de Proyectos Hidráulicos", Autoridad Nacional del Agua, Lima, 2010.

#### **d. Rasante de un Canal**

Una vez definido el trazo del canal, se proceden a dibujar el perfil longitudinal de dicho trazo, las escalas más usuales son de 1:1000 ó 1:2000 para el sentido horizontal y 1:100 ó 1:200 para el sentido vertical, normalmente la relación entre la escala horizontal y vertical es de 1 a 10. El procesamiento de la información y dibujo se puede efectuar empleando el software AUTOCAD CIVIL 3D. Para el diseño de la rasante se debe tener en cuenta:

- La rasante se debe trabajar sobre la base de una copia del perfil longitudinal del trazo.
- Tener en cuenta los puntos de captación cuando se trate de un canal de riego y los puntos de confluencia si es un dren u obra de arte.
- La pendiente de la rasante de fondo, debe ser en lo posible igual a la pendiente natural promedio del terreno (optimizar el movimiento de tierras), cuando esta no es posible debido a fuertes pendientes, se proyectan caídas o saltos de agua.
- Para definir la rasante del fondo se prueba con el caudal especificado y diferentes cajas hidráulicas, chequeando la velocidad obtenida en relación con el tipo de revestimiento a proyectar o si va ser en lecho natural, también se tiene la máxima eficiencia o mínima infiltración.



➤ El plano final del perfil longitudinal de un canal, debe presentar como mínimo la siguiente información.

- ✓ Kilometraje;
- ✓ Cota de terreno;
- ✓ BMs (cada 500 ó 1000 m);
- ✓ Cota de rasante;
- ✓ Pendiente;
- ✓ Indicación de las deflexiones del trazo con los elementos de curva;
- ✓ Ubicación de las obras de arte;
- ✓ Sección o secciones hidráulicas del canal, indicando su kilometraje;
- ✓ Tipo de suelo;
- ✓ Cuadro con elementos geométricos e hidráulicos del diseño.

#### e. Diseño de Secciones Hidráulicas

Se debe tener en cuenta ciertos factores, tales como: tipo de material del cuerpo del canal, coeficiente de rugosidad, velocidad máxima y mínima permitida, pendiente del canal, taludes, etc. La ecuación más utilizada es la de Manning o Strickler, y su expresión es:

$$Q = \frac{AR^{2/3}S^{1/2}}{n}$$

Dónde:

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/s)

n = Rugosidad

A = Área (m<sup>2</sup>)

R = Radio hidráulico = Área de la sección húmeda / Perímetro húmedo

En la Figura N° 3.2, se muestran las secciones más utilizadas.

**Figura N° 3.2:** Relaciones geométricas de las secciones transversales más frecuentes

Sección	Area hidráulica $A$	Perímetro mojado $P$	Radio hidráulico $R$	Espejo de agua $T$
 Rectangular	$by$	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	$b$
 Trapezoidal	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b+2zy$
 Triangular	$zy^2$	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$
 Circular	$\frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta})\frac{D}{4}$	$(\frac{\text{sen}\theta}{2})D$ ó $2\sqrt{y(D-y)}$
 Parabólica	$\frac{2}{3}Ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T+8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

Fuente: "Criterios de Diseños de Obras Hidráulicas para la Formulación de Proyectos Hidráulicos", Autoridad Nacional del Agua, Lima, 2010.

#### f. Rugosidad

Esta depende del cauce y el talud, dado a las paredes laterales del mismo, vegetación, irregularidad y trazado del canal, radio hidráulico y obstrucciones en el canal, generalmente cuando se diseña canales en tierra se supone que el canal está recientemente abierto, limpio y con un trazado uniforme, sin embargo el valor de rugosidad inicialmente asumido difícilmente se conservará con el tiempo, lo que quiere decir que en la práctica constantemente se hará frente a un continuo cambio de la rugosidad.

En canales proyectados con revestimiento, la rugosidad es función del material usado, que puede ser de concreto, geomanta, tubería PVC o HDP o metálica, o si van a trabajar a presión atmosférica o presurizados. La siguiente tabla nos da valores de "n" estimados, estos valores pueden ser refutados con investigaciones y manuales, sin embargo no dejan de ser una referencia para el diseño:



**Cuadro N° 3.5: Valores de rugosidad “n” de Manning**

n	Superficie
0.010	Muy lisa, vidrio, plástico, cobre.
0.011	Concreto muy liso.
0.013	Madera suave, metal, concreto frotachado.
0.017	Canales de tierra en buenas condiciones.
0.020	Canales naturales de tierra, libres de vegetación.
0.025	Canales naturales con alguna vegetación y piedras esparcidas en el fondo
0.035	Canales naturales con abundante vegetación.
0.040	Arroyos de montaña con muchas piedras.

Fuente: “Criterios de Diseños de Obras Hidráulicas para la Formulación de Proyectos Hidráulicos”, Autoridad Nacional del Agua, Lima, 2010.

#### g. Talud apropiado según el tipo de material

La inclinación de las paredes laterales de un canal, depende de varios factores pero en especial de la clase de terreno donde están alojados, la U.S. BUREAU OF RECLAMATION recomienda un talud único de 1.5:1 para sus canales.

A continuación se presenta un cuadro de taludes apropiados para distintos tipos de material:

**Cuadro N° 3.6: Taludes apropiados para distintos tipos de material**

Material	Talud (h : v)
Roca	Prácticamente vertical
Suelos de turba y detritos	0.25 : 1
Arcilla compacta o tierra con recubrimiento de concreto	0.5 : 1 hasta 1:1
Tierra recubierta de piedra o tierra en grandes canales	1:1
Arcilla firme o tierra en canales pequeños	1.5 : 1
Tierra arenosa suelta	2:1
Greda arenosa o arcilla porosa	3:1

Fuente: Aguirre Pe, Julián, “Hidráulica de canales”, Centro Interamericano de Desarrollo de Aguas y Tierras, Mérida, Venezuela, 1974

#### h. Velocidad Máxima y Mínima Permisible

La velocidad mínima permisible es aquella velocidad que no permite sedimentación, cuando el agua fluye sin limo este valor carece de importancia, pero la baja velocidad favorece el crecimiento de las plantas, en canales de tierra. El valor de 0.8 m/s se considera como la velocidad apropiada que no permite sedimentación y además impide el crecimiento de plantas en el canal.



La velocidad máxima permisible, algo bastante complejo y generalmente se estima empleando la experiencia local o el juicio del ingeniero; las siguientes tablas nos dan valores sugeridos.

**Cuadro N° 3.7:** Máxima velocidad permitida en canales no recubiertos de vegetación

Material de la Caja del Canal	“n” Manning	Velocidad (m/s)		
		Limpia	Agua con Partículas Coloidales	Agua Transportando Arena, Grava o Fragmentos
Arena fina coloidal	0.020	1.45	0.75	0.45
Franco arenoso no coloidal	0.020	0.53	0.75	0.60
Franco limoso no coloidal	0.020	0.60	0.90	0.60
Limos aluviales no coloidales	0.020	0.60	1.05	0.60
Franco consistente normal	0.020	0.75	1.05	0.68
Ceniza volcánica	0.020	0.75	1.05	0.60
Arcilla consistente muy coloidal	0.025	1.13	1.50	0.90
Limo aluvial coloidal	0.025	1.13	1.50	0.90
Pizarra y capas duras	0.025	1.80	1.80	1.50
Grava fina	0.020	0.75	1.50	1.13
Suelo franco clasificado no coloidal	0.030	1.13	1.50	0.90
Suelo franco clasificado coloidal	0.030	1.20	1.65	1.50
Grava gruesa no coloidal	0.025	1.20	1.80	1.95
Gravas y guijarros	0.035	1.80	1.80	1.50

Fuente: Krochin Sviatoslav. “Diseño Hidráulico”, Ed. MIR, Moscú, 1978

Para velocidades máximas, en general, los canales viejos soportan mayores velocidades que los nuevos; además un canal profundo conducirá el agua a mayores velocidades sin erosión, que otros menos profundos.

**Cuadro N° 3.8:** Velocidades máximas en hormigón en función de su resistencia

Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Profundidad del Tirante (m)				
	0.5	1	3	5	10
50	9.6	10.6	12.3	13.0	14.1
75	11.2	12.4	14.3	15.2	16.4
100	12.7	13.8	16.0	17.0	18.3
150	14.0	15.6	18.0	19.1	20.6
200	15.6	17.3	20.0	21.2	22.9

Fuente: Krochin Sviatoslav. “Diseño Hidráulico”, Ed. MIR, Moscú, 1978

El cuadro anterior, da valores de velocidad admisibles altos, sin embargo la U.S. BUREAU OF RECLAMATION, recomienda que para el caso de revestimiento de canales de hormigón no armado, las velocidades no deben exceder de 2.5 – 3.0 m/s. Para evitar la posibilidad de que el revestimiento se levante. Cuando se tenga que





proyectar tomas laterales u obras de alivio lateral, se debe tener en cuenta que las velocidades tienen que ser previamente controladas (pozas de regulación), con la finalidad que no se produzca turbulencias que originen perturbaciones y no puedan cumplir con su objetivo.

#### i. Borde Libre

Es el espacio entre la cota de la corona y la superficie del agua, no existe ninguna regla fija que se pueda aceptar universalmente para el cálculo del borde libre, debido a que las fluctuaciones de la superficie del agua en un canal, se puede originar por causas incontrolables.

La U.S. BUREAU OF RECLAMATION recomienda estimar el borde libre con la siguiente fórmula:

$$B.L. = \overline{Cy}$$

Dónde:

B.L. = Borde libre en pies

C = 1.5 para caudales menores a 20 pies<sup>3</sup>/s, y hasta 2.5 para caudales del orden de los 3000 pies<sup>3</sup>/s.

Y = Tirante del canal en pies.

La secretaría de Recursos Hidráulicos de México, recomienda los siguientes valores en función del caudal:

**Cuadro N° 3.9: Borde libre en función del caudal**

Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Revestido (cm)	Sin revestir (cm)
≤ 0.05	7.5	10.0
0.05 – 0.25	10.00	20.0
0.25 – 0.50	20.0	40.0
0.50 – 1.00	25.0	50.0
> 1.00	30.0	60.0

Fuente: Ministerio de Agricultura y Alimentación, Boletín Técnico N- 7 "Consideraciones Generales sobre Canales Trapezoidales" Lima 1978



Máximo Villón Béjar, sugiere valores en función de la plantilla del canal:

**Cuadro N° 3.10: Borde libre en función de la plantilla del canal**

Ancho de la plantilla (m)	Borde libre (m)
Hasta 0.8	0.4
0.8 – 1.5	0.5
1.5 – 3.0	0.6
3.0 – 20.0	1.0

Fuente: Villón Béjar, Máximo; "Hidráulica de canales", Dpto. De Ingeniería Agrícola – Instituto Tecnológico de Costa Rica, Lima, 1981

#### j. Criterios de espesor de revestimiento

No existe una regla general para definir los espesores del revestimiento de concreto, sin embargo según la experiencia acumulada en la construcción de canales en el país, se puede usar un espesor de 5 a 7.7 cm para canales pequeños y medianos, y 10 a 15 cm para canales medianos y grandes, siempre que estos se diseñen sin armadura.

En el caso particular que se quiera proyectar un revestimiento con geomembranas, se tiene que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- ✓ Para canales pequeños se debe usar geo membrana de PVC y para canales grandes geo membrana de polietileno - HDP.
- ✓ Los espesores de la geo membrana, varían entre 1 a 1.5 mm
- ✓ Si el canal se ubica en zonas en donde puede ser vigilado permanentemente, por lo tanto no puede ser afectada la membrana.
- ✓ Características y cuidado en la actividades de operación y mantenimiento
- ✓ Técnica y cuidados de instalación de la geo membrana
- ✓ El grupo social a servir tiene que capacitado para el manejo de dicho tipo de revestimiento.
- ✓ También se puede usar asociada la geo membrana con un revestimiento de concreto; la geo membrana actúa como elemento impermeabilizante (el concreto se deteriora con las bajas temperaturas) y el concreto como elemento de protección, sobre todo cuando se trata de obras ubicadas por encima de los 4000 msnm o zonas desoladas.



### 3.2.3.2 Sistemas de Subdrenaje

El subdrenaje de una vía es el sistema que tiene por objeto el manejo de las aguas subterráneas por medio de elementos permeables introducidos en el suelo denominados filtros. El manejo de las aguas subterráneas incluye la captación, la conducción y la descarga de las mismas, en sitios previamente definidos (pozas de sedimentación, cajas colectoras, etc.).

En obras mineras el subdrenaje tiene como finalidad controlar la posición del nivel de agua, lo cual podría conllevar a fallos en la estabilidad física de la estructura, y evitar que el agua de contacto (agua que ha sufrido el contacto con algún tipo de componente minero), especialmente en casos de posibilidad de generación de drenaje ácido, pueda contaminar fuentes de agua de no contacto. Para lograr el último de los objetivos planteados es necesario recolectar el agua de contacto a fin de realizar el tratamiento (físico y/o químico) que corresponda previo a su vertimiento y cumplir lo establecido en el D.S. 010-2010-MINAM “Límites Máximos Permisibles para descarga de efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgicas”.

#### 1. Clases de Drenes

En general los drenes por su construcción, se pueden agrupar en dos clases:

##### a. Zanjas Abiertas

Controlan el drenaje subterráneo y superficial. En el drenaje subterráneo, por lo general las zanjas abiertas quedan sobre diseñadas para el caudal a evacuar, porque el dren se debe profundizar, a un valor mucho mayor que el tirante requerido, a fin de controlar el nivel freático.

##### b. Tuberías Enterradas

Dejan pasar el agua a través de perforaciones, ranuras o por las uniones de cada dos drenes. En todos los cálculos de las formulas, se supondrá que el tirante de agua en las tuberías es el 50% del diámetro, es decir, que el agua llena la mitad de la tubería.

## 2. Drenes con Tuberías

### a. Tuberías Enterradas

El primer paso para el diseño hidráulico de un lateral, es calcular el caudal que ha de descargar, mediante la siguiente fórmula:

$$Q_d = q * A$$

Dónde:

$Q_d$  : Caudal máximo de diseño ( $m^3/día$ )

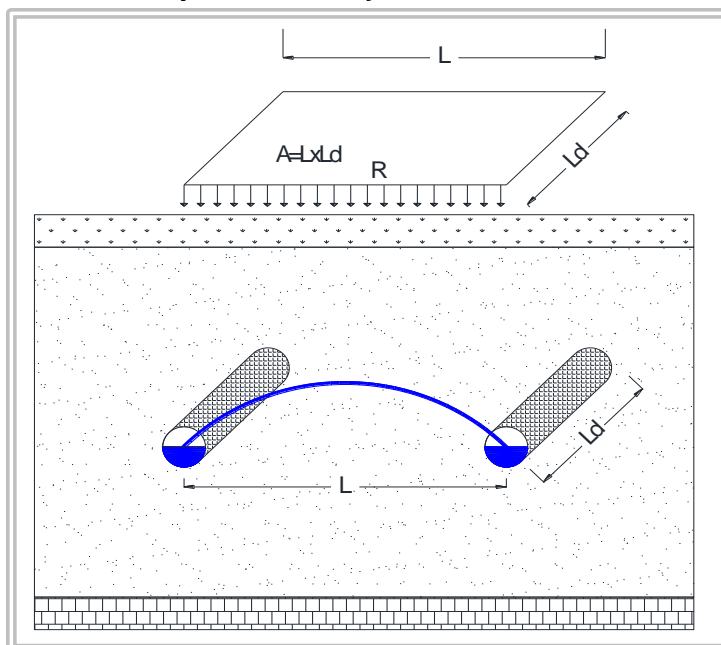
$Q$  : Descarga específica máxima en ( $m/día$ )

$A$  : Área drenada por cada lateral ( $m^2$ ) expresada por  $A=L \times L_d$

$L$  : Espaciamiento entre drenes ( $m$ )

$L_d$  : Longitud máxima del dren ( $m$ )

**Figura N° 3.3:** Esquema de drenaje lateral con tuberías enterradas



Fuente: Elaboración propia

Para casos de drenaje de obras mineras se tiene que la descarga máxima  $q$ , coincide con el valor de la recarga estimada.



La longitud máxima de los drenes laterales, depende de:

- ✓ La pendiente del dren y su relación con la del terreno;
- ✓ La profundidad máxima de salida del colector;
- ✓ La dimensión del terreno.

#### **b. Pendiente**

La pendiente de diseño debe ser la máxima disponible, ya que para descargar el caudal máximo, a mayor pendiente menor es el diámetro requerido y por lo tanto menor el costo del sistema.

#### **c. Espaciamiento y Profundidad de los Drenes**

En teoría cuanto más profundo estén los drenes, tanto mayores pueden ser los espaciamientos. Sin embargo, en la práctica hay varias restricciones respecto a la profundidad a las que pueden ser instalados los drenes. Estas incluyen:

- ✓ El nivel del agua que puede ser mantenido en la zanja colectora;
- ✓ La presencia de capas de suelo menos idóneas. Estas pueden tomar la forma de capas escasamente permeables a poca profundidad, pero incluso capas altamente permeables pueden no ser adecuadas para drenes enterrados. Por ejemplo, en ciertos suelos turbosos es probable que los tubos sufran subsidencia, mientras que en arenas movedizas pueden colmatarse o ser difíciles de instalar;
- ✓ La profundidad que puede alcanzarse con la maquinaria de drenaje disponible.

#### **d. Diseño Hidráulico**

Al considerar el diseño hidráulico de un sistema de drenes enterrados hay que enfrentarse a cuestiones tales como:

- ✓ ¿Qué área puede ser drenada con una línea de tubería de un diámetro dado, con cierta pendiente, suponiendo una cierta descarga específica?



- ✓ ¿Qué diámetro de tubería es necesario para una línea de drenes colocados con una cierta pendiente, con espaciamiento y descarga específica dados?

Para dar respuesta a estas preguntas hay que considerar los siguientes aspectos:

- ✓ Ecuación básica de flujo (flujo uniforme) para distintos tipos de tubería de drenaje (por ejemplo, tubería de arcilla o de plástico corrugado);
- ✓ Ecuaciones de flujo que tengan en cuenta, el hecho de que éste aumenta en una línea de drenes enterrados en la dirección del flujo, a medida que el dren recibe agua a lo largo de toda su longitud (flujo no uniforme);
- ✓ Un factor de seguridad para hacer frente a alguna disminución en la capacidad, debido a un cierto grado de sedimentación;
- ✓ Un dren telescópico, compuesto de secciones de diámetro creciente en la dirección del flujo.

#### **e. Procedimiento de Diseño**

Se presupone una pendiente en la línea del dren, en función de la topografía del terreno. El requisito implícito es que para la descarga de diseño no puede presentarse sobrepresión en el extremo aguas arriba. Así pues, la pendiente de la línea de drenes iguala al gradiente hidráulico medio. Esto implica que los tubos se suponen llenos a lo largo de toda su longitud y que se considera su capacidad máxima.

#### **f. Margen de Seguridad**

Hay que esperar una cierta reducción en la capacidad de un dren en el transcurso del tiempo, como resultado del depósito de sedimentos o de sustancias químicas. También los drenes de arcilla recién instalados pueden tener una capacidad menor de la teórica debido a una mala alineación. Por consiguiente, debe introducirse un cierto margen de error en el diseño, para hacer frente a esta reducción en la capacidad. Su magnitud dependerá de la calidad de trabajo de instalación, cuantía de depósitos esperados y de la intensidad prevista para las operaciones de conservación.



Cavelaars, considera reducciones de capacidad de las tuberías al 75 y 60% de la capacidad teórica. La reducción menor, al 75% se recomienda para tuberías de mayor diámetro, especialmente para drenes colectores, que no recogen directamente aguas del suelo y están por lo tanto menos expuestos a colmatarse, que los drenes laterales. Para drenes laterales, especialmente para los de menor diámetro, se recomienda la reducción al 60%. Pizarro Fernando, recomienda que una vez calculado el diámetro de la tubería, debe aumentarse en un 10%, lo que representa un aumento de aproximadamente un 30% del caudal transportable, con el objeto de tener un margen de garantía, frente a defectos en la alineación de los drenes y disminución del diámetro efectivo por colmatación del dren.

### **3.2.3.3 Pozas de Sedimentación**

El principal problema de las aguas de contacto en minería es el contenido de material sólido (sedimentos), especialmente en época de lluvias, los cuales pueden ser minimizados a través de los sedimentadores.

El sedimentador es una estructura que permite remover las partículas inferiores a 0.20 mm y superiores a 0.01 mm.

#### **1. Variables que Afectan la Sedimentación**

##### **a. Corrientes de Densidad**

Son las corrientes que se producen dentro del tanque por efecto de las diferencias de densidad en la masa de agua y son ocasionadas por un cambio de temperatura (térmica) y/o por diferencias en la concentración de las partículas suspendidas en las distintas masas de agua (de concentración).

##### **b. Corrientes Debidas al Viento**

El viento puede producir corrientes de suficiente intensidad como para inducir cambios en la dirección del flujo.



### **c. Corrientes Cinéticas**

Pueden ser debido al diseño impropio de la zona de entrada o de salida (velocidad de flujo excesiva, zonas muertas, turbulencias) o por obstrucciones en la zona de sedimentación.

## **2. Componentes**

Esta unidad se puede dividir en cuatro partes o zonas.

### **a. Zona de Entrada**

Estructura hidráulica de transición, que permite una distribución uniforme del flujo dentro del sedimentador.

### **b. Zona de Sedimentación**

Consta de un canal rectangular con volumen, longitud y condiciones de flujo adecuados para que sedimenten las partículas. La dirección del flujo es horizontal y la velocidad es la misma en todos los puntos, flujo pistón.

### **c. Zona de Salida**

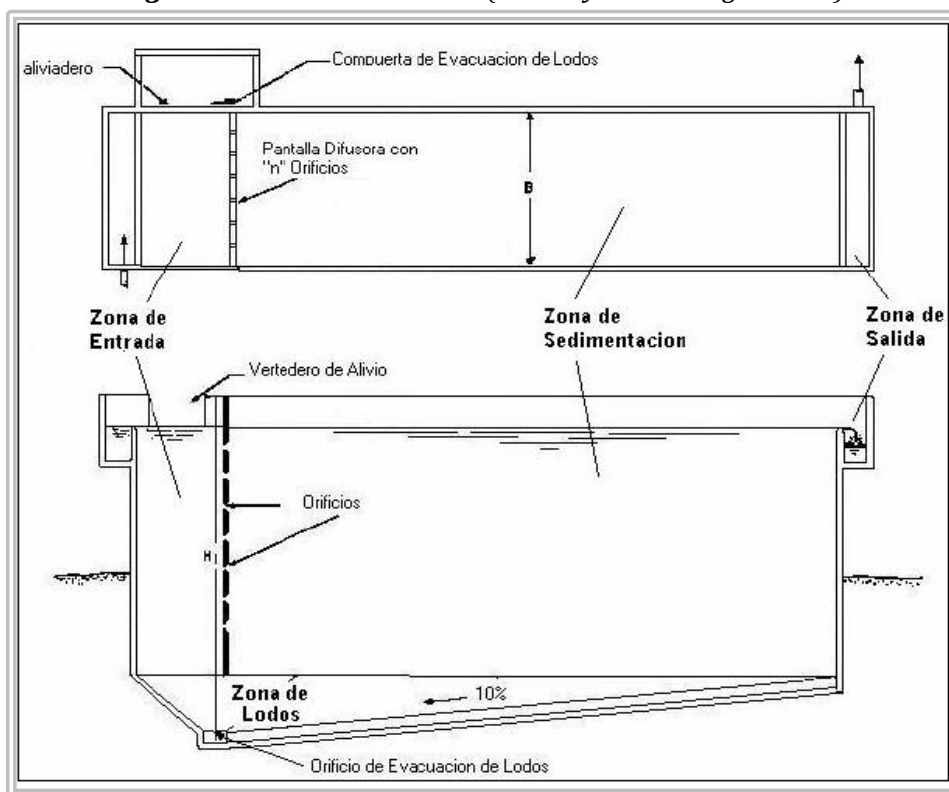
Constituida por un vertedero, canaletas o tubos con perforaciones que tienen la finalidad de recolectar el efluente sin perturbar la sedimentación de las partículas depositadas.

### **d. Zona de Recolección de Lodos**

Constituida por una tolva con capacidad para depositar los lodos sedimentados, y una tubería y válvula para su evacuación periódica.



**Figura N° 3.4: Sedimentador (Planta y Corte Longitudinal)**



Fuente: Guía Para El Diseño de Desarenadores y Sedimentadores, OPS/CEPIS, Lima, 2005.

### 3. Criterios de diseño

Los principales criterios de diseño son los siguientes:

- ✓ El periodo de operación es de 24 horas por día.
- ✓ El tiempo de retención será entre 2 - 6 horas.
- ✓ La carga superficial será entre los valores de  $2 - 20 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$ .
- ✓ La profundidad del sedimentador será entre 1.5 – 2.5 m.
- ✓ La relación de las dimensiones de largo y ancho (L/B) será entre los valores de 2 - 6.
- ✓ La relación de las dimensiones de largo y profundidad (L/H) será entre los valores de 5 - 20.
- ✓ El fondo de la unidad debe tener una pendiente entre 5 a 10% para facilitar el deslizamiento del sedimento.
- ✓ La velocidad en los orificios no debe ser mayor a 0.15 m/s para no crear perturbaciones dentro de la zona de sedimentación.
- ✓ Se debe aboquillar los orificios en un ángulo de  $15^\circ$  en el sentido del flujo.



- ✓ La descarga de lodos se debe ubicar en el primer tercio de la unidad, pues el 80% del volumen de los lodos se deposita en esa zona.
- ✓ El caudal por metro lineal de recolección en la zona de salida debe ser igual o inferior a 3 l/s.
- ✓ Se debe guardar la relación de las velocidades de flujo y las dimensiones de largo y altura.

$$\frac{L}{H} = \frac{V_H}{V_S}$$

- ✓ La ubicación de la pantalla difusora debe ser entre 0.7 a 1.00 m de distancia de la pared de entrada.



## CAPÍTULO IV

### 4.0 MATERIALES Y MÉTODOS

---

#### 4.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE INTERÉS

##### 4.1.1 GENERALIDADES

##### 4.1.1.1 Ubicación

El Proyecto de Exploración CHIPTAJ, políticamente se encuentra ubicado en los distritos de Gorgor, Oyón y Cajatambo, provincia de Cajatambo y Oyón, departamento de Lima. Este tema se presenta con mayor amplitud en el acápite 1.2 de la presente tesis.

##### 4.1.1.2 Concesiones Mineras

Las actividades de exploración se desarrollarán dentro del Petitorio Minero Aymara Diana, Aymara Viviana, Chacua 55 y Chanca BVN, cuyas partidas registrales se indican a continuación:

- ✓ “Aymara Diana”, Código 010043009, de 900.00 hectáreas de extensión, inscrita su cesión en la SUNARP en la partida 12410395 asiento 3 Derechos mineros.
- ✓ “Aymara Viviana”, Código 010043109 de 300.00 hectáreas, inscrita su cesión en la SUNARP en la partida 12440943, asiento 3 Derechos mineros.
- ✓ “Chacua 55”, Código 010279909 de 400.00 hectáreas, inscrita su cesión en la SUNARP en la partida 12468715, asiento 1.
- ✓ “Chanca BVN”, Código 010094210 de 600.00 hectáreas.

Estas concesiones mineras han sido cedidas en cesión de uso a Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. por parte de Minera Focus S.A.C. En el Anexo A de la presente tesis se adjunta la documentación sobre la titularidad de las concesiones indicadas. En el cuadro siguiente se indican las coordenadas UTM de las referidas concesiones mineras.



**Cuadro N° 4.1: Coordenadas UTM de las Concesiones mineras**

Concesión	Coordenadas UTM <sup>(1)</sup>	
	Este	Norte
Aymara Viviana	297 000	8 835 000
	297 000	8 834 000
	294 000	8 834 000
	294 000	8 835 000
Aymara Diana	297 000	8 834 000
	297 000	8 831 000
	294 000	8 831 000
	294 000	8 834 000
Chacua 55	294 000	8 832 000
	294 000	8 830 000
	292 000	8 830 000
	292 000	8 832 000
Chanca BVN	292 000	8 835 000
	294 000	8 835 000
	294 000	8 832 000
	292 000	8 832 000

(1) Datum PSAD 56 – Zona 18L

Fuente: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

En el Anexo B.4 se adjunta el plano de concesiones, en el que visualiza las concesiones indicadas (Plano de Límite de Concesiones LB-03).

#### 4.1.1.3 Predio Superficial

Los terrenos superficiales donde se ejecutarán los trabajos de exploración minera en la concesión Chacua 55 pertenecen a la Comunidad Campesina de San Sebastián de Tinta, con la cual Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. ha suscrito un acuerdo de autorización para realizar trabajos y actividades de exploración minera, aprobado en Asamblea General realizada el día 13 de marzo del año 2010.

En el Anexo B.4, se adjunta el Plano de Propiedad Superficial (LB-02).

#### 4.1.1.4 Cuadro De Distancias A Centros Poblados Más Cercanos

El área del proyecto de exploración se ubica mayormente en el cerro Potrero y parte baja del cerro Yanacucho, divididos por la quebrada Auquín, que políticamente pertenece al distrito de Gorgor, provincia de Cajatambo, del departamento de Lima.



En el siguiente cuadro se presenta las distancias aproximadas a los poblados que se encuentran más cercanos a la zona del proyecto.

**Cuadro N° 4.2:** Distancias a centros poblados más cercanos

Hacia	Tipo de Acceso	Distancia en Línea Recta (km)
Centro Poblado de Tinta	Camino de Herradura	14.7
Capital de Distrito Gorgor	Camino de Herradura	17.6
Capital de Distrito Oyón	Camino de Herradura	17.1
Capital de Distrito Cajatambo	Camino de Herradura	15.5
Estancia Tranca	Camino de Herradura	1.9
Estancia Chanquillo	Camino de Herradura	1.8
Estancia Chanquillo II	Camino de Herradura	3.1

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.1.5 Plano de Ubicación

En el plano LB-01 del Anexo N° B.4, de la presente Tesis se adjunta el Plano de Ubicación del proyecto, en el que se visualiza claramente el área del proyecto así como los elementos de importancia ambiental y social.

#### 4.1.1.6 Descripción de los Pasivos Ambientales del Área del Proyecto

En el área del proyecto y de la Concesión Minera “Chacua 55” se ha podido identificar e inventariar la existencia de una labor minera subterránea antigua (galería de exploración minera) de pequeña envergadura (de aproximadamente 8.0 m. de longitud) y que asimismo, ha sido utilizada por el actual titular minero limpiándola y rehabilitándola para consolidar su ingreso, con el fin de realizar levantamientos topográficos, mapeos geológicos, toma de muestras, etc., y obtener información técnica de importancia para efectuar la evaluación geológica e interpretación del modelo hidrotermal del yacimiento a ser explorado y que el titular minero declara su voluntaria decisión, llegado el momento, de asumir la responsabilidad ambiental y de cierre, de la citada labor minera antigua. Ver Anexo B.4, Ubicación de Pasivos Ambientales (LB-19).

#### 4.1.1.7 Plano de Concesiones Mineras

El plano de las concesiones mineras involucradas en el proyecto exploratorio se presenta en el Anexo B.4, Plano de Límites de Concesiones (LB-03).



#### **4.1.1.8 Registros Fotográficos**

En el Anexo A.6 de la presente tesis, se adjunta el registro fotográfico de las áreas donde se realizarán las actividades del presente proyecto exploratorio.

#### **4.1.2 FISIOGRAFÍA Y GEOMORFOLOGÍA**

La descripción de la fisiografía, sirve para identificar las geoformas que existen en el área de estudio, las cuales vienen a ser el resultado de la interacción de factores tectónicos, orogenéticos y litológicos, así como de la acción de procesos erosivos y climáticos.

El relieve topográfico presenta elevaciones determinadas por cumbres de cerros de gran altitud tipo cordillera, con elevaciones que sobrepasan los 5100 msnm, con laderas de fuertes pendientes y valles de origen glaciar.

##### **4.1.2.1 Descripción de la Fisiografía**

La fisiografía del departamento de Lima es resultado de los procesos de plegamientos y levantamientos ocurridos en el Mesozoico, así como de la denudación originada por agentes naturales como los glaciares, vientos, lluvias y ríos.

La zona del proyecto se encuentra en una zona típicamente cordillerana en la región Sierra (zona alto andina), con altitudes que varían entre los 4300 y 5200 msnm, dentro de la cuenca del río Pativilca, presentando una topografía clásica resultante de la erosión glaciar, con valles glaciares, lagunas (Tucto) y pequeñas pampas que representan antiguas lagunas hoy desecadas. También se observan morrenas y abundante material fluvioglaciar. El proyecto de exploración Chiptaj se caracteriza por un predominio de relieves montañosos de topografía abrupta afectados por diferentes etapas de erosión glacial, las mismas que dieron lugar a una serie de valles de típico perfil en “U” que disectan profundamente el relieve, en donde se han observado sectores depresionados que suavizan la superficie de algunas de las vertientes montañosas.



El relieve fisiográfico del área donde se desarrolla el proyecto de exploración Chiptaj se encuentra conformado por un conjunto montañoso predominante de dirección NE-SW, que delimitan esencialmente la microcuenca de la quebrada Chanquillo. La alineación montañosa que se extiende hacia la margen derecha de esta quebrada, conformada por el Cerro Yanajirca presenta una elevación progresivamente mayor conforme se avanza hacia el Este (ascendiendo de 4712 a 4884 msnm), con laderas montañosas bajas hasta una cota promedio de 4450, con pendiente moderadamente empinadas a empinadas. En este conjunto montañoso, el punto fisiográfico más elevado lo constituye el Cerro Yanacucho con una altitud promedio de 4900 msnm (localizado a la margen derecha de la quebrada Auquín). En tanto, la alineación montañosa que se desarrolla en la margen izquierda de la quebrada Chanquillo, constituida por el cerro Potrero, presenta altitud promedio de 4825 msnm, siendo sus laderas medias y altas normalmente empinadas a muy empinadas con un desnivel promedio de 375.0 m, con cimas muy afiladas que delimitan la microcuenca de esta quebrada. En consecuencia, el relieve es abrupto y accidentado con grandes y escarpadas pendientes del orden de  $50^{\circ}$  a  $60^{\circ}$  en las zonas altas. También existen terrazas ligeramente onduladas ubicadas en desniveles importantes de aproximadamente 50.0 a 100.0 m.

La cobertura vegetal del terreno en los pequeños valles y los terrenos de pendiente, está conformada por pastos naturales. En la parte baja de los valles se forman bofedales que retienen agua de las precipitaciones estacionales. Las áreas superiores a los 5000 msnm presentan escasa cobertura vegetal debido a la altitud extrema y en particular a las bajas temperaturas.

#### **4.1.2.2 Geomorfología**

En el área de estudio se ha podido identificar las siguientes unidades geomorfológicas, las cuales se pueden apreciar en el Plano Geomorfológico (LB-07), del Anexo B.4.



**Cuadro N° 4.3: Unidades geomorfológicas identificadas**

Unidades Geomorfológicas		Descripción
Cerros y Lomadas Cordilleranas	Ce-lo	Cadenas de cerros de diversas formas, con declives abruptos y que se encuentran por encima de los 4900 msnm.
Valles Glaciares	Va-gl	Superficies de erosión glaciár caracterizadas por presentar una sección transversal en forma de una “U” con laderas asimétricas.
Lagunas y Riachuelos	Lg-ra	Unidad conformada por el sistema de lagunas escalonadas que dan origen a riachuelos.
Laderas	Ld	Vertientes de montañas de amplia y variada distribución.
Quebradas	Qd	Cauces (quebradas) con pendiente fuertemente inclinada.

Fuente: Elaboración propia

### 1. Cerros y Lomadas Cordilleranas (Ce-lo)

Esta unidad geomorfológica la constituye las estribaciones superiores de la Cordillera Occidental, que se caracteriza por presentar un relieve muy irregular y definido por las cadenas de cerros de diversas formas, con declives que hace que el sector disminuya progresivamente de altura y que se encuentran por arriba de los 4900 msnm.

### 2. Valles Glaciares (Va-gl)

Esta unidad geomorfológica la constituye las superficies de erosión glaciár, como producto del trabajo de los glaciares a que ha estado sujeta el área durante el Pleistoceno; se caracteriza por presentar una sección transversal en forma de una “U” con laderas asimétricas y con el fondo parcialmente escalonado; en la cabecera del valle glaciár Chanquillo, inicialmente se encontraban emplazadas hasta tres cubetas con lagunas.

### 3. Laderas (Ld)

Esta unidad geomorfológica la constituyen superficies también de erosión y se encuentran formando parte de los cerros y lomadas, con variado declive y contorno, en su gran extensión modelados en rocas volcánicas, parcialmente cubiertas por los depósitos de cobertura.



**Foto N° 4.1:** Cerros y lomadas cordilleranas



Fuente: Elaboración propia

**Foto N° 4.2:** Valle glaciario



Fuente: Elaboración propia

#### 4. Lagunas y Riachuelos (Lg-Ra)

Esta unidad geomorfológica la constituyen relieves locales producto de la ablación y erosión glaciario, donde se han acumulado aguas provenientes del deshielo de los glaciares. Estas cubetas en la cabecera del valle glaciario Chanquillo se encuentran en forma escalonada, y tienen formas y dimensiones variables. La cubeta superior que contiene agua se le denomina laguna Tocto Chico y el drenaje permanente de esta laguna origina la laguna Tocto y a su vez el drenaje de ésta última, da origen a las aguas en la quebrada Chanquillo. La tercera cubeta se halla al SW de este sistema de lagunas

escalonadas y es también de forma irregular y probablemente antes de la construcción del antiguo depósito de relaves de la mina Chanca, constituía una laguna residual.

***Foto N° 4.3: Laderas***



Fuente: Elaboración propia

***Foto N° 4.4: Laguna Tocto***



Fuente: Elaboración propia

## **5. Quebradas (Qd)**

La constituyen depresiones de erosión fluviodeluvial, por donde drenan las aguas de las lagunas Tocto y diversas escorrentías, presentan secciones transversales en forma de “V”, generalmente de pendientes muy variables con depósitos inconsolidados en el fondo. Estas geoformas bisectan las laderas de los cerros en diferentes lugares y generalmente sus formas, tamaños y pendientes son muy variables.

**Foto N° 4.5: Quebrada Auquín**



Fuente: Elaboración propia

**Foto N° 4.6: Quebrada Chanquillo**



Fuente: Elaboración propia

### **4.1.3 GEOLOGÍA**

#### **4.1.3.1 Geología Regional**

El Proyecto de Exploración Chiptaj se encuentra emplazado en las estribaciones superiores de la Cordillera Occidental, a una altitud promedio de 4500 msnm, y emplazado en la afluencia de la quebrada Auquín, con la cabecera del valle de origen glaciar denominado como la quebrada Chanquillo; esta área pertenece a la unidad geomorfológica de Relieve Cordillerano, donde asimismo, se observan antiguas cubetas lacustres, lomadas, laderas y quebradas.



La secuencia estratigráfica del área del proyecto está constituida por rocas volcánicas andesíticas pertenecientes a los volcánicos Calipuy, y que en algunas áreas se encuentran cubiertos por depósitos cuaternarios, igualmente de origen glaciar (coluviales y depósitos lacustres). Los volcánicos Calipuy se encuentran en contacto fallado y/o sobreyaciendo en forma discordante a rocas sedimentarias de las Formaciones del tope del grupo Goyllarisquizga, y de las secuencias calcáreas margosas de los grupos Chulec y Pariatambo del Cretáceo Inferior a Medio.

El aspecto morfológico del área del proyecto se encuentra moderadamente deformada por la actividad tectónica; esta deformación está representada por plegamientos y fallamientos de orientación de NW a SE, siguiendo el alineamiento tectónico mayor dado por la Cadena de los Andes Peruanos. Asimismo, dicho aspecto es el resultado de diversos procesos tectónicos como levantamientos, vulcanismo, procesos de erosión y meteorización; en la actualidad parte de estos procesos se manifiestan en forma muy localizada y condicionada por los factores climáticos en el área.

Los Andes Peruanos comprenden un conjunto de cordilleras paralelas emplazadas entre la costa marítima y el llano amazónico. Su estratigrafía, estructuras, magmatismo, mineralización y sismicidad son producto de varios ciclos orogénicos superpuestos y de la "Subducción Andina", que tiene lugar a partir del Jurásico y que da lugar a la colisión de la Placa Tectónica Sudamericana con la Placa Tectónica Oceánica (Placa de Nazca).

Dentro de este contexto, la geología regional del área de estudio comprende una secuencia de rocas sedimentarias, volcánicas e intrusivas, cuyas edades varían desde el Jurásico superior hasta el cuaternario reciente. Ver Anexo B.4, Plano de Geología Regional (LB-04).

#### **4.1.3.2 Estratigrafía**

Las características y descripción litológica más saltantes y representativas de estas formaciones se presentan a continuación:



### 1. Formación Chimú (Ki-ch)

La Formación Chimú está constituida por una secuencia de cuarcitas recrystalizadas, en bancos medianos y de grano fino, presentando como base una secuencia abigarrada compuesta por lutitas, limonitas y areniscas blancas y macizas. Litológicamente, la formación consiste en una secuencia de ortocuarcitas blancas de grano medio, las cuales han sido recrystalizadas presentando un aspecto general de cuarcitas metamórficas.

Dentro de las capas de lutitas, aparecen restos de plantas, siendo más abundantes en la base de la formación, donde se observan algunos mantos de carbón.

### 2. Formación Santa (Ki-sa)

La Formación Santa está conformada por calizas color azul grisáceo con abundante meteorización y no presentan fósiles. En la parte alta de la cuenca, sus afloramientos se encuentran algo plegados y fallados localmente. Por correlación estratigráfica, se estima una edad correspondiente al Cretáceo inferior.

### 3. Formación Carhuaz (Ki-ca)

La Formación Carhuaz está constituida por limo arcillitas, lutitas y areniscas, que por intemperismo presentan una coloración marrón o marrón amarillenta; suelen también presentarse algunos horizontes de areniscas más o menos prominentes. Sus principales afloramientos se observan en la parte alta de la cuenca, hacia los límites del área de interés, cubriendo laderas de montañas lejos del área de influencia directa de las obras proyectadas.

Las características geotécnicas de esta unidad, indican un comportamiento suave, incompetente y plástico, dentro de una secuencia muy plegada disarmonicamente. La formación presenta una marcada tendencia al adelgazamiento a lo largo de los flancos de los pliegues y al engrosamiento en la zona axial. Su espesor promedio se considera de aproximadamente 600 m. De acuerdo con la posición estratigráfica, se considera que esta formación pertenece al Cretáceo inferior.



#### **4. Formación Farrat (Ki-fa)**

La Formación Farrat está conformada por cuarcitas y areniscas blancas en bancos decimétricos. Las estructuras son menores a 0.5 m de ancho y con algunas leyes de Pb-Ag-Zn.

#### **5. Formación Pariahuanca (Ki-ph)**

La Formación Pariahuanca está conformada por 70.0 m de calizas macizas claras de bancos medios menores a 1.0 m.

#### **6. Formación Pariatambo (Ki-pt)**

La Formación Pariatambo está conformada por calizas arcillosas intercaladas con lutitas claras, oscuras y negras. Sus afloramientos sobresalen en el extremo sureste del área de estudio, es decir, por los poblados de Rupay y Tinta. Esta litología y la fauna que constituyen las formaciones albianas, indican que fueron depositadas generalmente en un ambiente marino de plataforma somera, sin embargo, se evidencian algunas variaciones que indican un ambiente anaeróbico.

#### **7. Formación Chulec (Ki-ch)**

Esta formación descansa concordantemente sobre el Grupo Goyllarisquiza, su grosor uniformemente regular es de 100.0 m. La litología de la formación consiste en una secuencia de calizas y margas: las calizas son macizas con costras amarillas alteradas en capas de 1.0 m. de espesor; la formación es de color amarillo crema-terroso, muy característico y de gran ayuda para el cartografiado geológico, pero por su grosor se le representa conjuntamente con la Formación Pariatambo.

#### **8. Formación Jumasha (Ki-j)**

La Formación Jumasha es la de mayor presencia en la zona. Está dividida en Jumasha Inferior (550.0 m a 600.0 m de calizas) y Jumasha Medio con 330.0 m de calizas grises rugosas y 50.0 m de calizas arcillosas de color beige. El Jumasha Superior se





encuentra erosionado en el área. Esta formación es esencialmente calcárea, muy resistente. Está compuesta de calizas alternadas con margas en la base; y en el tope, por calizas más macizas, de color gris azulino, las que se interdigitan con estratos delgados a gruesos conformando monoclinales. De acuerdo con la evidencia paleontológica encontrada, se considera que es de edad cretácica superior.

### **9. Rocas Volcánicas (Ti-vca)**

Se ha observado que esta unidad geológica se distribuye ampliamente en el sector oeste y partes altas del área de estudio, abarcando mayormente el área de cumbres. La secuencia está constituida de lavas andesíticas, piroclásticos gruesos, tufos, basaltos, riolitas y dacitas. Las rocas son piroclásticas gruesas con lavas ácidas o ignimbritas dacíticas.

### **10. Rocas Intrusivas (KTi-t)**

Todas estas secuencias litológicas descritas anteriormente se encuentran intensamente plegadas y fracturadas dentro del corredor estructural que se extiende regionalmente con rumbo NNW-SSE. Pequeños sills dioríticos y discontinuos de 1.0 m a 3.0 m de ancho, se reportan dentro de la formación Chulec-Pariatambo sin mineralización cercana asociada.

Asimismo, un stock de granodiorita-tonalita se encuentra ubicado al suroeste del pueblo de Mallay y en las partes bajas y alejadas del área. En otras áreas y en forma dispersa se reportan pequeños apófisis de intrusito caolinizado y silicificado, el mismo que se encuentra asociado a la mineralización de skarn conteniendo minerales con contenido económico de Zn-Pb-Ag, como el Proyecto Mallay y el Prospecto Fortuna.

### **11. Depósitos Morrénicos (Q-mo)**

Por encima de los 4000 msnm, el área de estudio sufrió los efectos de la glaciación pleistocénica, formando valles en “U”, en cuyo fondo y laderas se depositaron morrenas que, en muchos casos, represaron el hielo fundido. Estos depósitos están conformados por un conjunto pobremente clasificado de cantos grandes en matriz de



grano grueso a fino generalmente anguloso y estriado. Estos depósitos están referidos a materiales morrénicos poco consolidados y depositados en bancos irregulares, que han sido previamente transportados por las aguas a partir de antiguos depósitos glaciáricos. Actualmente, se encuentran erosionados, resaltando formas discontinuas en las vertientes de laderas moderadamente empinadas.

## **12. Depósitos Aluviales (Q-al)**

Estos depósitos se encuentran ampliamente extendidos y son de varios tipos como, escombros de ladera, flujos de barro, aluviales de río. La naturaleza de estos elementos es la misma de las unidades de roca circundante.

Los depósitos aluviales en el área de estudio están constituidos por bloques y gravas sub-redondeadas, envueltos en una matriz arenosa y limosa, poco plástica y no cohesiva. Estos depósitos están sujetos a procesos erosivos en las riberas fluviales dependiendo del volumen de sedimentos que arrastren los ríos durante los periodos de avenidas.

Los cauces de quebradas secas y fondos de valle de los principales ríos, están rellenos con material inconsolidado mal clasificado, donde los huaycos constituyen el principal agente de erosión. Los procesos erosivos en estas unidades son intensos, formando terrazas bajas y cambiando de forma después de cada periodo de lluvia.

### **4.1.3.3 Geología Local**

En el área del Proyecto de Exploración Chiptaj se encuentran rocas volcánicas andesíticas y dacíticas de la Formación Calipuy del Terciario inferior, las cuales contienen los sistemas de vetas argentíferas reportadas en el área. Los volcánicos Calipuy se encuentran en contacto fallado y/o sobreyaciendo en forma discordante a rocas sedimentarias de las Formaciones del tope del grupo Goyllarisquizga, y de las secuencias calcáreas margosas de las formaciones Chulec y Pariatambo del Cretáceo Inferior a Medio. Ver Anexo N° B.4, Geología Local (LB-05).





## 1. Volcánicos Calipuy (KTi-Vca)

Nombre dado a una amplia extensión de volcánicos en el norte del Perú, los que se prolongan hasta el área descrita. Litológicamente se observan lavas andesíticas grises y púrpuras, piro clásticos gruesos, tufos finamente estratificados y dacitas, todos los cuales presentan variaciones laterales. El afloramiento principal es de una roca volcánica con pseudo estratificación horizontal y probablemente de composición dacítica; la roca en el área de estudio presenta un contacto externo vertical con las calizas cretáceas (Gpo. Goyllarisquiza), resultando estas metamorizadas termalmente en un espacio estrecho alrededor del contacto. La roca volcánica esta autobrechada y silificada mientras que las calizas en las vecindades de la intrusión están mineralizadas, presentándose igualmente vetillas de mineral dentro de la misma intrusión, así como sulfuros diseminados en ciertos lugares. Estas rocas pertenecen al Terciario Inferior.

El volcánico Calipuy aflora en gran parte combinada con depósitos cuaternarios y con el grupo Goyllarisquiza, tiene aproximadamente 2000 m de espesor y fue depositada sobre una superficie de erosión formada en las rocas sedimentarias y en las rocas volcánicas. Están representados por fragmentos de rocas subredondeados a redondeados, que se hallan en una matriz de lava porfídica, con planos de fluidez notorios y derrames de gran espesor, presentando colores gris verdoso a gris violáceo.

### a. Volcánicos Porfiríticos

Son de composición andesítica; se puede observar la presencia de fenocristales de plagioclasas y esporádicos granos de cuarzo hialino; presentan coloración violácea a gris debido a la alteración de las plagioclasas; afloran en la parte media del cerro Yanacucho y cumbre del cerro Potrero.

### b. Tobas de Volcánicos Porfiríticos

Se tiene secuencias volcánicas porfiríticas de grano grueso, constituidos principal y mayormente por fragmentos de volcánicos porfiríticos de 4 a 10 cm, con fenocristales de plagioclasas; presentan una coloración violácea y celeste, producto de la alteración; asimismo, presentan vetillas de calcita y jaspe rojizo de 5 a 10 cm de



potencia, en tramos cortos de 2.0 a 10.0 m de longitud. Dichas secuencias se encuentran emplazados hacia el techo de los volcánicos porfíricos y se extienden hacia el norte del área de estudio, en la parte baja del cerro Yanacucho.

#### **c. Andesitas**

Son flujos porfíricos de grano medio y grueso, presentando una coloración gris oscuro, violácea y verde por la alteración propilítica, con presencia de fenocristales de plagioclasas, biotita, hornblenda en fractura fresca y coloración rojiza en roca intemperizada; asimismo, se tiene alteración argílica (moderada-intensa) supérgena, debido a la presencia de pirita fina diseminada y fuerte oxidación. Las andesitas se encuentran cortadas por fracturas paralelas rellenas con limonita y esporádicas venillas de sílice; las estructuras emplazadas en este tipo de roca no presentan relleno de mineralización económica.

#### **d. Tobas de Andesita**

Estas tobas engloban fragmentos andesíticos sub-redondeados de 5 a 30 cm. de tamaño, producto del transporte de material, presentan una textura porfírica de coloración grisácea, violácea y verdosa por la alteración. Se encuentran infrayaciendo a la secuencia de andesitas en la parte sur del área de estudio. Todas estas rocas se encuentran cubriendo y sobreyaciendo a las dacitas.

#### **e. Dacita**

Roca alterada, argilizada leucócrata, con presencia de stockwork y esporádicos granos de cuarzo, metalotecto importante para la mineralización de plata en el área de estudio; en este tipo de roca se encuentran emplazadas las vetas El Poderoso Techo y Piso, Mirla 1, 2, 3, 4.

#### **f. Brechas Calcáreas**

Están constituidas principalmente por clastos de 4-20 cm de caliza gris, con venillas irregulares de calcita en matriz calcárea, con venillas de calcita II, que atraviesa



la matriz y los clastos de caliza; se han identificado dos afloramientos de brechas hacia el NW del área de estudio.

#### **g. Dique**

Se presenta un dique de andesita de color verde con textura afanítica, de grano fino a medio, constituido de plagioclasas, hornblenda, biotita con diseminación de piritita fina; presenta una alteración propilítica moderada. Dicho dique está cortando a las secuencias andesíticas y es desplazado en tramo corto por la veta El Poderoso.

### **2. Goyllarisquizga (KI-Goy)**

La roca en el área de estudio presenta un contacto externo vertical con las calizas cretáceas inferiores (Gpo. Goyllarisquizga), resultando estas metamorfizadas termalmente en un espacio estrecho alrededor del contacto. La roca volcánica esta autobrechada y silificada mientras que las calizas en las vecindades de la intrusión están mineralizadas, presentándose igualmente vetillas de mineral dentro de la misma intrusión, así como sulfuros diseminados en ciertos lugares.

### **3. Depósitos Cuaternarios (Q)**

En el área de estudio se han registrado diversos depósitos cuaternarios de origen morrénico y aluvial. Los depósitos morrénicos son los de mayor importancia y difusión en el área de estudio por estar relacionado directamente con el emplazamiento de las obras:

#### **a. Depósitos Coluviales (Q-co)**

Estos depósitos se encuentran acumulados al pie de los cerros y laderas empinadas y están conformados por fragmentos de rocas de diferentes tamaños, generalmente angulosas, que se encuentran semiconsolidados hasta sueltos; algunos se encuentran en los taludes con tamaños mayores a los 2.5 metros.



En estos lugares tienen en su composición mayor porcentaje de material suelto y triturado (arenas y finos); el tamaño de los fragmentos de rocas es menor, y en algunas zonas se hallan cubriendo a los depósitos glaciares.

#### **b. Depósitos Aluviales (Q-al)**

Son acumulaciones de material fragmentario transportado y acumulado por acción de la gravedad, generalmente se ubican en los taludes de los cerros, su recorrido y transporte es reducido, son heterogéneos tanto en la forma como tamaño.

#### **c. Depósitos Morrénicos (Q-mo)**

Parte del área del proyecto sufrió efectos de la glaciación durante el Pleistoceno, formándose los depósitos glaciares, encontrándose estos depósitos en el área de estudio por encima de los 4000 msnm, lo que supone que la superficie Puna sufrió fenómenos de glaciación, conjuntamente con partes de erosión valle y cañón. Se observan bien desarrolladas valles en forma de U, circos glaciares, presencia de aborregamiento; se observa la angulosidad de los picos más elevados debido a la acción del hielo. En las laderas del valle se depositan morrenas, mientras que en las partes altas de los valles se forman lagos por fusión del hielo detrás de las morrenas terminales.

#### **d. Depósitos Fluvioglaciares (Q-fg)**

Estos depósitos se encuentran emplazados en el área de las lagunas (cubetas) como resto de materiales glaciares re TRABAJADOS y parcialmente transportados; en su composición prevalecen arenas limosas con poco porcentaje de gravas; con lentes de gravas arenosas y fragmentos de roca del tamaño de cantos, que yacen en algunos sitios debajo de turba. Estos materiales yacen con espesores menores a 3.0 metros en algunos sitios saturados, presentando una coloración gris marrón.

#### **e. Depósitos Glaciares (Q-gl)**

Estos depósitos se encuentran formando parte de las morrenas laterales y extremo frontal que en el pasado han originado la presencia de la laguna en la actual



cubeta; estos depósitos han sido originados por la ablación y erosión de las rocas volcánicas que se encuentran en la cadena montañosa.

Los citados depósitos glaciares se encuentran conformados por una mezcla de fragmentos de rocas volcánicas de variado tamaño con matriz de gravas areno-arcillosas y/o arenas limosas; con granos y partículas de formas subredondeados a subangulosos, en su gran mayoría provenientes de rocas volcánicas y que probablemente yacen con espesores mayores a los 5.0 metros y que presentan cierta permeabilidad.

#### 4.1.3.4 Geología Estructural

De un modo general, la geometría de los macizos volcánicos existentes en el área de estudio fueron afectados por el plegamiento andino principal. Se le considera posterior a Calipuy. El plegamiento que afectó al volcánico también abarcó a los sedimentos anteriormente plegados.

El proyecto de exploración se encuentra emplazado en un área moderadamente deformada por la tectónica y orogenia andina; las estructuras tectónicas presentes en el lugar y áreas adyacentes están conformadas por fallas. Las estructuras que presentan, son planos de flujos verticales y paralelos a la dirección general del alineamiento del macizo. Las fracturas y diaclasas existentes presentan tres familias principales teniendo los promedios siguientes:

**Cuadro N° 4.4:** *Fracturas y Diaclasas existentes en el área de estudio*

<b>Zona 1</b>	<b>Zona 2</b>
Familia 1	Familia 1
Azimut: N 220°, N235°	Azimut: N 300°, N80°
Buzamiento: 75°NW, 65°NW	Buzamiento: 25°NE, 80°SE.
Familia 2	Familia 2
Azimut: N130°, N50°	Azimut: --, N260°
Buzamiento: 90°, 10°SE.	Buzamiento: --, 45°NW.
Familia 3	Familia 3
Azimut: N15°, N130°	Azimut: --, N320°
Buzamiento: 10°SE, 90°	Buzamiento: --, 45°SW.

Fuente: Elaboración propia



## Fallas

En el área de estudio, no se han detectado la ocurrencia o presencia activas de fallas; sin embargo en áreas cercanas al proyecto se han mapeado fallas con dirección predominante noroeste, lo cual nos indica la dirección preferente del flujo subterráneo en esta zona en particular. Dentro de este contexto de la observación efectuada del macizo rocoso volcánico Calipuy, se determina que las rocas se hallan con variado grado de fracturamiento y alteración; sin embargo, predomina el fracturamiento moderado. La mineralización se halla en vetas y éstas constituyen pequeñas fallas y fracturas persistentes, de acuerdo al levantamiento de campo realizado en el área de estudio.

### 4.1.3.5 Mineralización

En el proyecto de exploración se han reconocido ocho estructuras mineralizadas, siendo la más importante la veta Poderoso, que pertenece al principal sistema mineralizado de las vetas de la antigua mina Chanca. Esta estructura de 7.0 a 10.0 metros de ancho, presenta dos bandas mineralizadas al techo y piso, conocidas como vetas “El Poderoso Techo y Piso”. Se le puede reconocer por unos 230.0 metros de longitud, en virtud a su afloramiento y cateos antiguos menores. Las otras estructuras identificadas dentro de la propiedad minera (Chacua 55), afloran en longitudes variables de 20.0 a 100.0 metros de longitud.

#### 1. Veta El Poderoso Techo

Esta banda mineralizada definida tiene un rumbo N 42° E y 76° NW de buzamiento; pertenece al principal sistema de vetas trabajadas en la antigua mina Chanca (NE – SW). Su relleno mineralógico contiene cuarzo lechoso, sílice gris con puntos y/o venillas de freibergita (tetraedrita argentífera). Sus ensayos promedian 0.72 m ancho, y arrojan valores con 491 ppm Ag, 251 ppm Pb, 205 ppm Zn, y 1% Fe. Gran parte del afloramiento se emplaza en una roca dacita argilizada, algo caolinizada con débil stockwork; en este tipo de roca, la estructura presenta mineralización económica de Ag. Hacia el SW está cubierta con andesitas propilitizadas y solamente se ve como una fractura rellena con arcillas y limonita.

## 2. Veta El Poderoso Piso

Veta controlada por una falla de rumbo N 25 a 35° E y 71° NW de buzamiento; hacia el SW se ramalea y separa de la veta El Poderoso Techo. La veta presenta brechada con clastos de 1 - 2 cm de cuarzo lechoso, caliza bituminosa, matriz de limonita arcillas negruzcas con puntos de freibergita, además de cuarzo lechoso con concentraciones de freibergita. Canales de muestreo en el afloramiento y en cateos antiguos menores, promedian 0.97 metros de ancho, con 537 ppm Ag, 207 ppm Pb, 62 ppm Zn y 1.1% Fe.

**Foto N° 4.7:** Afloramiento de las vetas El poderoso Techo y Piso, emplazadas en dacitas argilizadas. Nótese las medias barretas antiguas que existen



Fuente: Elaboración propia

## 3. Vetos Mirla 1-2-3-4

Emplazadas en dacitas argilizadas y hacia el piso de una falla con rumbo N 34° W y 76° NE de buzamiento, que hacia el sureste coincide con la quebrada Auquín. Estructuras reconocidas en 40.0 metros de longitud, con cateos antiguos pequeños y canales superficiales, con rumbo promedio N 24° W y 72° a 80° SW de buzamiento; contiene algunas concentraciones de estibina, franjas de cuarzo lechoso y sílice gris en anchos de 0.78 a 1.32 metros.



#### 4. Veta A

Reconocida en 100.0 m de longitud con cateos antiguos, rumbo N 75° W y 78° SW de buzamiento, y en un ancho de 0.66 m conteniendo franjas de cuarzo de tipo lechoso, concentraciones de sílice gris, venillas de limonita, hematina y goethita; en el tramo central presenta un aspecto brechoide, con clastos de cuarzo lechoso y sílice gris en matriz de óxidos de fierro. Hacia el W se intercepta con la veta E, que contiene principalmente calcita.

#### 5. Veta B

Estructura angosta de 0.52 metros de ancho, emplazada en andesita porfírica con escasos granos de cuarzo, reconocida con trincheras en una longitud de 60.0 metros, rumbo N 60° E y 75°-82° NW de buzamiento; contiene franjas de cuarzo lechoso, concentraciones y venillas de estibina, bandas de limonita, goethita al piso.

#### 6. Veta C

Afloran crestones de roca silicificada con franjas de cuarzo lechoso de rumbo E – W y 70° a 80° N de buzamiento; fue reconocida en 75.0 metros de longitud promediando, y tiene un ancho de 0.75 metros. Se ubica al extremo NE de la zona de estudio.

#### 7. Veta D

Emplazada hacia el piso de un dique propilitizado de grano fino con rumbo N 17° E y 68° NW de buzamiento; fue reconocida en 20.0 metros de longitud, presentando un ancho de 1.0 metro; contiene franjas de cuarzo lechoso en roca argilizada con diseminación de pirita. Hacia el piso se tiene arcillas blanquecinas con venillas y concentraciones de goethita. Su prolongación hacia el NE y SW se encuentra cubierta por material cuaternario.





## 8. Veta E

Afloramiento de calcita masiva y cristalizada de 1 cm, con venillas esporádicas de óxidos de manganeso, con rumbo S 50° W y 68° NW de buzamiento; fue reconocida en un cateo antiguo de 20.0 m. de longitud, promediando 0.84 m. de ancho; hacia el NE es controlada por veta A.

## 9. Veta F

Estructura angosta de 0.50 m. de ancho; emplazada en andesitas de grano medio, con rumbo S 65° E y 75° NE de buzamiento; fue reconocida con trincheras y presenta una longitud de 75.0 metros; contiene franjas de cuarzo lechoso con “boxwork” rellenos con goethita.

### 4.1.3.6 Geodinámica

La superficie de la corteza terrestre está sujeta a las acciones dinámicas de las fuerzas internas (terremotos) y fuerzas externas (atmosféricas, físicos y gravitacionales), que alteran y/o modifican constantemente el relieve terrestre por los procesos evolutivos, creando un desequilibrio ambiental; cuando estos fenómenos geodinámicos alcanzan características destructivas, ocasionan daños materiales y la pérdida del potencial humano. La geodinámica trata de determinar las causas y efectos.

#### 1. Geodinámica Interna

Por su ubicación geográfica, el departamento de Lima es una zona de alto riesgo y propensa a sufrir una serie de peligros de carácter natural, producidos principalmente por la presencia de la placa de Nazca, que se subduce en la placa Sudamericana o Continental, así como la presencia de la Cordillera Occidental de los Andes, que atraviesa la Región con su red volcánica que forma parte del denominado “Circulo de Fuego del Pacífico”.

La actividad tectónica de los Andes ha sido muy bien documentada y se considera una de las áreas sísmicas más activas en América, dada la ocurrencia de



terremotos localizados a menos de 100 Km de profundidad. La información revisada indica que, según el Mapa de Zonificación Sísmica propuesto por la Nueva Norma de Diseño Sismorresistente E.030, del Reglamento Nacional de Construcciones (1997), el área de estudio se encuentra comprendida en la Zona 3, correspondiéndole una sismicidad Alta, con un factor de zona (Z) de 0,40. Dicho factor se interpreta como la aceleración máxima del terreno, con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años.

Es importante mencionar que en la zona del Proyecto de Exploración Chiptaj no se ha determinado que en ella o inmediatamente cercana a ella, haya sido epicentro o que se hayan producido sismos de características considerables; en esta zona solamente se han recepcionado las ondas sísmicas de eventos ocurridos en áreas relativamente cercanas, donde la actividad sísmica es constante.

## **2. Geodinámica Externa**

Los fenómenos de geodinámica externa que ocurren dentro del ámbito del proyecto, particularmente en el área prevista y sus alrededores son en general de poca magnitud. El sector del área del Proyecto de Exploración Chiptaj presenta una abundante cobertura vegetal que le da condiciones de estabilidad al terreno. De acuerdo a la visita al área del proyecto se pudo constatar de algunos lugares puntuales, como en las márgenes de las quebradas Chanquillo y Auquín, existen algunos afloramientos de rocas andesíticas, que se encuentran meteorizadas sin constituir ningún tipo de riesgo natural, por lo que el área del proyecto se considera libre de fenómenos importantes de geodinámica externa.

Entre los eventos de geodinámica externa identificados dentro del Proyecto de Exploración Chiptaj, se encuentran de manera puntal los siguientes:

## **3. Torrenteras y/o Huaycos**

Son materiales transportados que se han observado en el cauce la Quebrada Chanquillo y la Quebrada Auquín, que sólo se manifiestan en épocas de máximas avenidas; estos materiales están conformados por gravas, arenas y algunos fragmentos de rocas, producto de la erosión y disgregación de las rocas alteradas y fragmentadas.



#### **4. Caída de Fragmentos de Rocas**

Este fenómeno se observa en tramos puntuales de la carretera que conduce hacia el Proyecto de Exploración Chiptaj, condicionado por los factores de notorio declive en los cortes de la carretera, los mismos que también se manifiestan en épocas de máximas avenidas.

##### **4.1.4 SUELOS DEL ÁREA LOCAL**

La caracterización de los suelos se hace en referencia a la ubicación de la zona del proyecto exploratorio. Es así que en el proyecto exploratorio existen varios tipos de suelos entre los que destacan:

###### **4.1.4.1 Suelos Según su Origen**

###### **1. Suelos Derivados de Materiales Residuales**

Estos suelos ocupan la mayor extensión del área de estudio. Se refieren a aquellos suelos formados a partir de materiales de la formación Goyllarisquisga del cretácico inferior; constituida por areniscas y cuarcitas blancas de grano medio a grueso a microconglomerados, localmente se intercalan con horizontes de conglomerados, lutitas grises a rojizas y derrames volcánicos, así como calizas.

Se presentan en laderas y cimas de colinas y montañas de diferente grado de inclinación; fuertemente inclinadas (8 a 15 %), moderadamente empinadas (15 – 25 %), empinadas (25 – 50 %), muy a extremadamente empinadas (> 50 %). Los suelos son desde muy superficiales hasta profundos, incluyen afloramientos rocosos frecuentes especialmente en relieves empinados así como en pedregosidades superficiales; a nivel subsuperficial están limitados por materiales paralíticos o líticos, afectando la profundidad efectiva de los suelos especialmente en áreas de fuerte pendiente. Básicamente son suelos de textura de moderadamente gruesa a moderadamente fina, y fertilidad natural baja.



## 2. Suelos Derivados de Depósitos Fluvioglaciares

Incluye suelos evolucionados a partir de materiales sedimentarios del cuaternario holocénico y pleistocénico de variada litología; estos materiales han sido transportados y depositados por el desplazamiento de masas glaciares y aguas de escorrentía. Corresponde a depósitos fluvioglaciares y morrenas; con matriz limo arcilloso y arenoso, incluye presencia de gravas. Los suelos son superficiales a profundos, textura moderadamente gruesa a moderadamente fina, y fertilidad natural baja.

### 4.1.4.2 Capacidad de Uso Mayor de Suelos

Las unidades cartográficas en el mapa de capacidad de uso mayor del área de estudio, se encuentran integradas por subclases de capacidad de uso mayor en forma individual o en forma agrupada; incluyendo los afloramientos rocosos que constituyen tierras de protección, los cuales se encuentran fuertemente intrincados.

Considerando los lineamientos del sistema de clasificación de tierras por capacidad de uso mayor, se ha diferenciado dentro del área de estudio, cinco unidades de capacidad de uso mayor a nivel de subclases; las que se encuentran distribuidas en el mapa, en términos de cuatro unidades en forma no agrupada y una unidad de subclase de capacidad de uso mayor en forma agrupada. Estas subclases, en términos generales pertenecen al grupo de tierras aptas para pastos (P) y tierras de protección (X).

**Cuadro N° 4.5:** Clasificación de los Suelos según su capacidad de uso mayor

Grupo	Clase	Sub Clase
P	P3	P3sc
		P3sec
		P3swc
X	Xsc	Roca
P- X	P3- X	P3sc- Xsc

Fuente: Elaboración propia



## 1. Tierras aptas para pastos (P)

Este grupo presenta condiciones edáficas, topográficas y climáticas no adecuadas para establecer cultivos en limpio ni cultivos permanentes; pero permiten la instalación y el sostenimiento de pastos naturales. Se ha distinguido la clase P3. Las tierras incluidas presentan calidad agrológica baja, con limitaciones de uso del tipo edáfico, riesgos de erosión y condiciones climáticas.

Se ha identificado las siguientes Subclases; P3sc, P3sec, P3swc.

### a. Subclase P3sc

Corresponde a tierras aptas para pastos, de calidad agrológica baja y con serias limitaciones por suelos y limitaciones por clima. Agrupa suelos superficiales a moderadamente profundos y ocasionalmente profundos. Incluye a las unidades de suelos Hueche y Pukapampa en pendiente B, C y D, Huachac en pendiente C y D, y Tarauga y Corimsa en pendiente D.

### Limitaciones de Uso

Las principales limitaciones para su uso están referidas el factor climático que restringe en sumo grado el crecimiento vegetal. Asimismo, al factor edáfico constituye otro limitante y está referido a la fertilidad natural baja del suelo y al desbalance nutricional determinado por el nivel de nitrógeno respecto a los niveles de fosforo y potasio disponibles.

### Lineamientos de Manejo y Uso

La utilización de estas tierras está referida mayormente al uso con fines de producción de pastos naturales de zonas frías. Requiere de prácticas intensas de conservación y manejo de suelos, debiéndose implementar zanjas de infiltración. Asimismo, hacer un uso racional de los pastos, evitar el sobre pastoreo y por consiguiente el deterioro del recurso edáfico básicamente por compactación. Se recomienda, la recuperación de especies nativas tales como “Chilligua” *Festuca*



*dolichophila*, “Crespillo” *Calamagrostis vicunarum* “Ichu” *Stipa ichu*, “Chili” *Muhlebergia fastigiata*, etc.

#### **b. Subclase P3sec**

Corresponde a tierras aptas para pastos, de calidad agrológica baja con serias limitaciones por suelos, riesgos de erosión y limitaciones debido al factor clima. Agrupa suelos moderadamente profundos a profundos. Incluye a las unidades de suelos Pukapampa, Corimsa y Huachac en pendiente E (25 – 50%).

#### **Limitaciones de Uso**

Las principales limitaciones para su uso están referidas al factor clima que constituye una limitante importante que restringe en sumo grado el crecimiento vegetal, al riesgo de erosión debido a la pendiente empinada, así como, al factor edáfico, referido al desbalance nutricional determinado por el nivel de nitrógeno respecto a los niveles de fósforo y potasio disponibles.

#### **Lineamientos de Manejo y Uso**

La utilización de estas tierras está referida mayormente al uso con fines de producción de pastos naturales de zonas frías. Requiere de prácticas intensas de conservación y manejo de suelos para evitar la erosión, debiéndose implementar zanjas de infiltración.

Asimismo, hacer un uso racional de los pastos, evitar el sobre pastoreo y por consiguiente el deterioro del recurso edáfico debido a la erosión. Se recomienda, la recuperación de especies nativas tales como “Chilligua” *Festuca dolichophila*, “Crespillo” *Calamagrostis vicunarum*, “Ichu” *Stipa ichu*, “Chili” *Muhlebergia fastigiata*, etc.

#### **c. Subclase P3swc**

Estas tierras presentan serias limitaciones de uso debido a las condiciones de drenaje pobre a muy pobre propio de las zonas hidromórficas y los bofedales.



Agrupar suelos con acumulación de materiales orgánicos moderadamente descompuestos generalmente saturados con agua, limitado subsuperficialmente por el nivel freático fluctuante en función de la intensidad de precipitación. Incluye a los suelos Laguna y Cóndor en pendiente A, B y C.

### Limitaciones de Uso

Las principales limitaciones para su uso están relacionadas a las malas condiciones de drenaje, al factor climático que limita en sumo grado del crecimiento vegetal y al factor edáfico.

### Lineamientos de Manejo y Uso

La utilización de estas tierras está referida mayormente al uso con fines de producción de pastos naturales hidromórficos en zonas frías permanentes. Requiere la implementación de prácticas intensas de conservación de suelos, hacer un uso racional de los pastos, para evitar su deterioro. Se recomienda, la conservación y recuperación de especies nativas tales como *Distichia muscoides* “kunkuna”, *Plantago rigida* “Champa estrella”, *Alchemilla pinnata* “Sillu sillu”, y *Hepochoeris taraxacoides* “Pilli”; mientras que en las áreas menos húmedas las especies “Chilligua” *Festuca dolichophila*, “Crespillo” *Calamagrostis vicunarum*, “Ichu” *Stipa ichu*, “Chili” *muhlenbergia fastigiata*, etc.

## 2. Tierras de Protección (X)

Este grupo presenta condiciones edáficas, topográficas y climáticas no adecuadas para establecer cultivos en limpio, cultivos permanentes, pasturas ni producción forestal. Debido a las fuertes restricciones que presentan corresponden a tierras de protección. Por lo tanto su uso, queda relegado para otros propósitos, como por ejemplo áreas de recreación, zonas de protección de vida silvestre, plantaciones forestales con fines de protección de cuencas, lugares de belleza escénica, explotación minera, etc. Dentro del área de estudio, se ha identificado las siguientes unidades: Xsc y Xsec.



#### **a. Unidad Xsc**

Está conformada por los afloramientos rocosos agrupados a los siguientes suelos Aymara, Angush y Maguimira en pendiente fuertemente inclinada (8-15 %) y moderadamente empinada (15-25 %).

El clima frígido de la zona y la carencia de suelo en las unidades de áreas misceláneas, constituyen las principales limitaciones del uso de estas tierras.

#### **b. Unidad Xsec**

Incluyen a las áreas correspondientes a las unidades Misceláneo Roca y Misceláneo Nival o Glacial en pendiente F, los cuales se encuentran asociadas en forma intrincada. Incluye también a los suelos; Tarauga, Chanquillo y Chacua en pendiente E; Angush, Maguimira-Misceláneo Roca en pendiente E y F. Tocto-Misceláneo Roca en pendiente E y F. Corimsa, Pukapampa, Huachac-Misceláneo Roca en pendiente F. El clima frígido de la zona, la pendiente predominante, de muy empinada a extremadamente empinada, y la carencia de suelo en las unidades de áreas misceláneas, incrementan el riesgo de erosión y constituyen las principales limitaciones del uso de estas tierras.

En el Anexo B.4 de la presente tesis, se adjunta el Plano Capacidad de Uso Mayor de Suelos (LB-09).

#### **4.1.4.3 Uso Actual de la Tierra**

Para la determinación de las diferentes formas de uso de la tierra y representarlo cartográficamente se ha utilizado como base referencial el Sistema de Clasificación de Uso de la Tierra propuesto por la Unión Geográfica Internacional – UGI. En base al levantamiento de información de campo realizado en el mes de Junio del año 2010 así como la interpretación monoscópica de la imagen satelital de la zona del año 2006.





La información obtenida durante el trabajo de campo se ha determinado siete subclases de uso actual agrupado en tres categorías, diferenciándose la interacción de categorías para generar áreas de mixtura, definidas como tierras utilizadas para pastos asociadas a áreas improductivas sin vegetación, mencionadas de acuerdo a la predominancia de los componentes dentro de las unidades identificadas en el área de estudio. Los terrenos con instalaciones privadas están representados como puntos sin una simbología en particular, y no han sido registrados cartográficamente en forma de polígonos debido a su limitada extensión y a la escala de trabajo del mapa.

Estas categorías son las siguientes:

- ✓ Terrenos urbanos y/o instalaciones gubernamentales o privadas;
- ✓ Terrenos con pastos;
- ✓ Terrenos sin Uso y/o Improductivos.

Las categorías y subclases de uso de la tierra identificadas en el ámbito de estudio, se encuentran resumidas en el Cuadro siguiente.

**Cuadro N° 4.6: Categorías y subclases de uso actual**

Categorías	Subclases	Símbolo	Superficie	
			ha	%
1. Terrenos urbanos y/o instalaciones o privadas gubernamentales	1.1. Terrenos con instalaciones privadas	-	0.00	0.0
2. Terrenos con pastos naturales	2.1. Terrenos con pastos naturales pajonales	TPNPj	956.7	23.1
	2.2. Terrenos con pastos naturales hidromórficos	TPNH	21.3	0.5
	2.3. Terrenos con pastos naturales pajonales - Terrenos con pastos naturales hidromórficos	TPNTj-TPNH	206.6	5.0
3. Terrenos sin uso y/o improductivos	3.1. Terrenos con escasa vegetación	TEV	398.8	9.6
	3.2. Terrenos sin vegetación	TSV	1407.4	34.0



**Cuadro N° 4.6: Categorías y subclases de uso actual (Continuación)**

Categorías	Subclases	Símbolo	Superficie	
			ha	%
4. Terrenos con pastos naturales- Terrenos sin uso y/o improductivos	4.1. Terrenos con pastos naturales pajonales - Terrenos sin vegetación.	TPNPj- TSV	1125.6	27.2
Áreas con cuerpos de agua (lagunas)			22.1	0.5
Área Total			4138.7	4138.7

Fuente: Elaboración propia

En el Anexo B.4 de la presente tesis, se adjunta el Plano de Uso Actual del Suelo (LB-08).

## 4.2 CARACTERIZACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO EN EL ÁREA DE ESTUDIO

### 4.2.1 INTRODUCCIÓN

En esta sección de la presente tesis se presentan los diversos estudios hídricos realizados y aquellos que tengan relación directa con el recurso hídrico. Estos estudios son la base para el planeamiento, diseño, ejecución y supervisión de las obras de control hídrico necesarias para minimizar los impactos que conlleve el proyecto minero en el agua circundante.

### 4.2.2 HIDROGRAFÍA

En esta parte veremos una descripción de la configuración y características generales del sistema hidrológico de la zona de estudio, que está conformado por las quebradas que atraviesan y/o circundan el proyecto Chiptaj, las cuales pertenecen a las subcuencas del río Gorgor, que forma parte de la cuenca del río Pativilca.

#### 4.2.2.1 Red Hidrográfica del Área del Proyecto

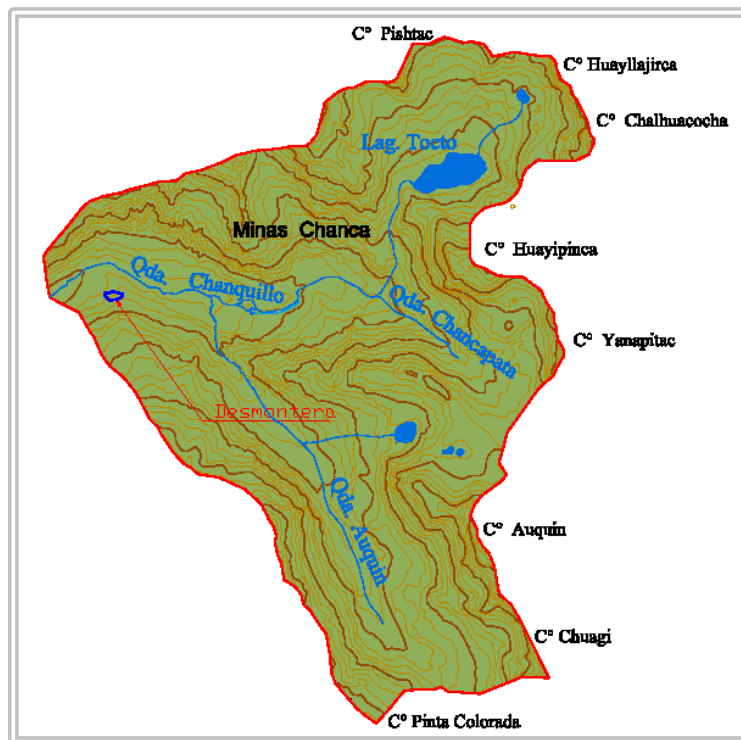
La red hidrográfica del área del Proyecto Chiptaj está constituida por la quebrada Auquín, donde se emplaza el área de exploración, ésta quebrada drena sus aguas a la quebrada principal llamada Chanquillo, la cual nace en la Laguna Tocto, que está ubicada a más de 4800 msnm. Esta quebrada, aguas abajo, se une con otros

aportes (quebradas) para formar el río Gorgor, que pertenece a la cuenca del río Pativilca. Ver Anexo B.4, Plano de Cuenca Hidrográfica del Área del Proyecto (LB-13).

La microcuenca donde se encuentra el proyecto se llama Chanquillo, es parte de la subcuenca del río Gorgor, que a su vez forma parte de la cuenca del río Pativilca, perteneciente a la vertiente del Océano Pacífico.

Se debe mencionar que las fuentes de agua (quebradas) ubicadas en el ámbito del proyecto, actualmente no están siendo utilizadas por uso alguno aprovechable, debido a que no existen áreas agrícolas de consideración en la zona (sólo pequeñas parcelas a lo largo de la quebrada Chanquillo), tampoco existen centros poblados en los alrededores cercanos al proyecto.

**Figura N° 4.1:** Red hidrográfica de la microcuenca Chanquillo



Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2.2 Inventario de Quebradas

A continuación, se procede a describir las quebradas más importantes que se encuentran emplazadas en el área del proyecto.



## 1. Quebrada Chanquillo

La quebrada Chanquillo nace en la laguna Tocto ubicada a 4760 msnm, entre los cerros Pishtac y Huayipinca, que a su vez se alimenta de las aguas de una pequeña laguna ubicada en la parte noreste de la microcuenca de Chanquillo, a los 4890 msnm, entre los cerros Chalhuacocha y Huayllajirca.

La quebrada Chanquillo sigue su curso con dirección suroeste hasta su confluencia con la quebrada Auquín; a partir de este punto, la quebrada Chanquillo toma dirección noroeste, recorriendo más de un kilómetro para nuevamente enrumbarse hacia el suroeste hasta llegar a confluir con la quebrada Pacomayo, para formar aguas abajo el río Gorgor, es en ese recorrido que recibe aportes de quebradas temporales especialmente en época de lluvias, lo cual incrementa su caudal y a la vez alimenta a los bofedales emplazados en dicha quebrada.

El régimen hídrico de esta quebrada sigue la tendencia de la presencia de las lluvias, haciendo una época de crecidas entre los meses de noviembre a marzo, y de vaciante de abril a octubre; las máximas crecidas se dan con mayor probabilidad entre los meses de enero y marzo.

## 2. Quebrada Auquín

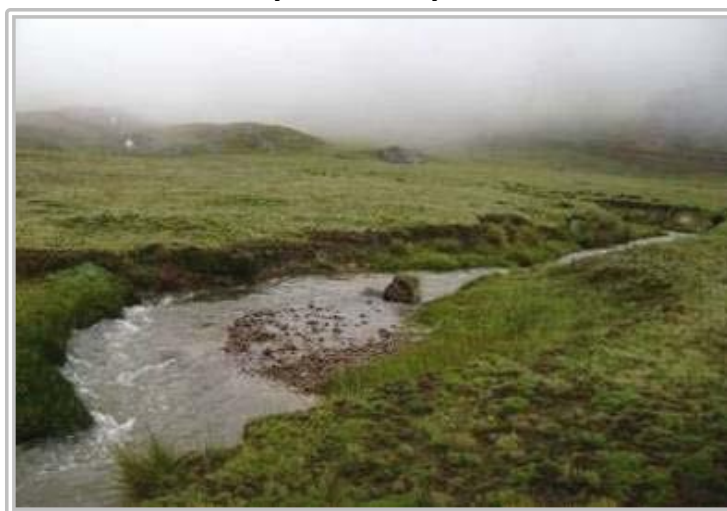
Esta quebrada se encuentra en el área directa del proyecto, tiene su origen entre los cerros Auquín, Yanacucho y Chuagi (ver Fotos N° 4.8 y 4.9), a una altura de 4770 msnm y recorre una corta longitud antes de su confluencia con la quebrada Chanquillo, pero en su nacimiento recibe aportes considerables de agua en época de lluvias debido a la extensa área de la cabecera, en donde también se encuentran bofedales que se alimentan de estas aguas. Antes de llegar a la quebrada Auquín, recibe aportes de quebradas secundarias estacionales muy pequeñas que aportan principalmente en los meses de lluvias (noviembre a marzo).

**Foto N° 4.8:** Vista de la confluencia de quebrada Auquín con la quebrada Chanquillo



Fuente: Elaboración propia

**Foto N° 4.9:** Vista de la quebrada Chanquillo aguas arriba de la confluencia con la quebrada Auquín



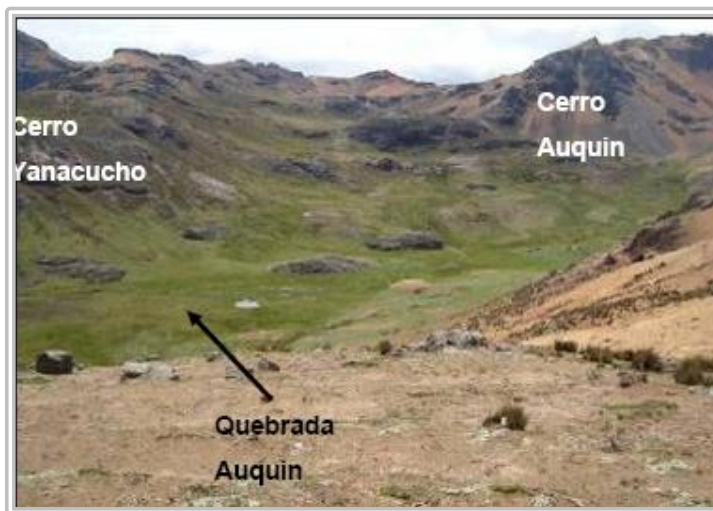
Fuente: Elaboración propia

#### **4.2.2.3 Inventario de Manantiales y Bofedales**

Se realizó un inventario de manantiales y bofedales en el mes de marzo del año 2010. En tal fecha, se identificaron tres (03) manantiales presentes en el área del proyecto, cuyo estudio se presenta en la sección de hidrogeología.

También se realizó el inventario de bofedales, registrándose cuatro (04) bofedales, los cuales se encuentran emplazados en la quebrada Chanquillo y la quebrada Auquín, cuya ubicación se detalla en los cuadros siguientes.

**Foto N° 4.10:** Vista de la cabecera de la quebrada Auquín



Fuente: Elaboración propia

**Foto N° 4.11:** Vista de la quebrada Auquín antes de la confluencia con la quebrada Chanquillo.



Fuente: Elaboración propia

En el Anexo B.4 de la presente tesis se adjunta el Plano de Inventario y Monitoreo de Bofedales y Manantiales (LB-11), donde figuran igualmente los manantiales y bofedales inventariados.

Las actividades y trabajos de exploración minera que serán realizados, no presentan ni tienen influencia alguna sobre los manantiales, debido a que éstos se encuentran en la cabecera de la quebrada Auquín; es decir, aguas arriba del proyecto y con respecto a los bofedales, se ha tenido especial cuidado de programar la ubicación de la bocamina de la labor subterránea a más de 50.0 metros del más cercano, identificado como el Bofedal BOF-02, para así evitar su contaminación o impacto, igualmente con las





instalaciones auxiliares, accesos principales y secundarios. En resumen, los manantiales y bofedales identificados en el área del proyecto, se encuentran fuera del alcance de las labores de exploración y componentes del proyecto.

**Cuadro N° 4.7: Relación de bofedales inventariados - marzo 2010**

Punto	Coordenadas UTM <sup>(1)</sup>			Descripción
	Este	Norte	Altitud (msnm)	
BOF-01	291 929	8 832 446	4409	Ubicado en la quebrada Chanquillo aguas arriba de la estancia Chanquillo
BOF-02	293 246	8 832 307	4441	Ubicado en la quebrada Chanquillo después de la confluencia con la quebrada Auquín
BOF-03	294 593	8 832 419	4532	Ubicado en la quebrada Chanquillo aguas arriba de la relavera (pasivo ambiental)
BOF-04	293 590	8 831 575	4464	Ubicado en la quebrada Auquín aguas arriba del proyecto Chiptaj

(1) Datum PSAD 56 – Zona 18L

Fuente: Elaboración propia

### 4.2.3 HIDROLOGÍA

#### 4.2.3.1 Información Preliminar

La microcuenca Chanquillo es parte de la subcuenca del río Gorgor que a su vez forma parte de la cuenca del río Pativilca, perteneciente a la vertiente del océano Pacífico. El área en estudio se encuentra ubicada dentro de las coordenadas UTM (Datum PSAD 56 – Zona 18L) N8834907 – N8827934 y E297236 – E291646, en el distrito de Gorgor, provincia de Cajatambo, región de Lima, república del Perú. El punto de control para nuestro caso está ubicado en las coordenadas UTM (Datum PSAD 56 – Zona 18L) N9117801 y E225095.

La quebrada Chanquillo nace en una pequeña laguna en la parte noreste de la microcuenca, a los 4890 msnm entre los cerros Chahuacocha y Huayllajirca, tiene un pequeño recorrido (773 m) hasta llegar a la laguna Tocto (4770 msnm). La quebrada sigue su curso con dirección suroeste hasta su confluencia con la quebrada Auquín; a partir de este punto la quebrada Chanquillo toma dirección noroeste recorriendo más de un kilómetro para nuevamente enrumbarse hacia el suroeste hasta pasar por el punto de control hidrológico. La cuenca hidrológica controlada abarca una extensión de 20.78 km<sup>2</sup> con una altitud media de 4755 msnm. La pendiente promedio del cauce principal es de 8.5%. La composición de los taludes de las diversas quebradas están



conformados por una cobertura de poco espesor compuesto de suelo arcilloso, los cuales en su mayoría están cubiertos por pastos nativos, estos suelos son erosionables. El régimen hídrico de esta quebrada sigue la tendencia de la presencia de las lluvias, haciendo una época de crecidas entre los meses de noviembre a marzo y de vaciante de abril a octubre, las máximas crecidas se dan con mayor probabilidad entre los meses de enero y marzo. Además por la naturaleza geomorfológica de la cuenca y por encontrarse en una zona de cabecera de cuenca se esperan crecidas rápidas y violentas.

En el Plano LB-14 se muestra la microcuenca de control para el presente estudio, véase el Anexo B.4.

Para propósitos del estudio se vio la necesidad de subdividir nuestra área de estudio en cinco (05) microcuencas de 1º orden para una mejor evaluación, a continuación se presenta la figura con la subdivisión correspondiente. Así mismo se estudiara el área de recarga del canal de coronación del depósito de desmonte del Proyecto de Exploración Chiptaj. Ver Plano LB-14 del Anexo B.4 de la presente tesis.

#### 4.2.3.2 Morfología y Fisiografía

Se hallaron los principales parámetros morfológicos y fisiográficos de la microcuenca Chanquillo además de sus cinco (05) subdivisiones y finalmente también de la microcuenca colectora del canal de coronación del Proyecto de Exploración Chiptaj. Ver Cuadros Nº 4.30 y 4.31.

**Cuadro Nº 4.8:** Parámetros morfológicos de la microcuenca Chanquillo

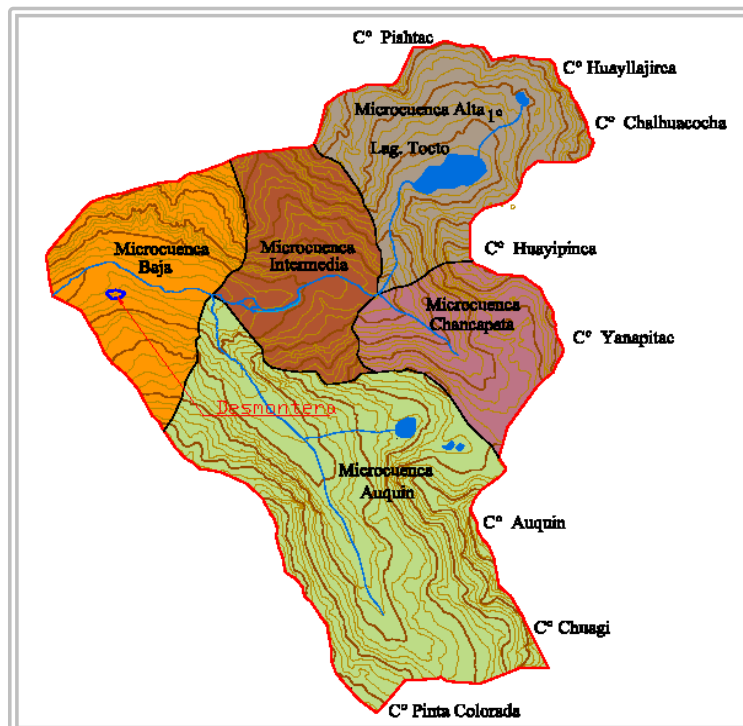
Microcuenca	Área (km <sup>2</sup> )	Perímetro (km)	Altura Media (msnm)	Índice de Compacidad (I <sub>c</sub> )	Factor de Forma (F <sub>f</sub> )	Índice de Pendiente Global (I <sub>g</sub> )
Chanquillo*	20.78	22.82	4755.02	1.41	0.45	59.31
Auquín	8.13	13.84	4762.33	1.37	0.51	80.32
Chancapata	2.44	6.56	4831.91	1.18	2.14	189.32
Alta	4.12	9.09	4873.50	1.26	0.49	99.32
Intermedia	2.91	7.51	4633.92	1.24	0.72	164.17
Baja	3.18	7.63	4547.11	1.21	0.90	135.44
Colectora	0.05	0.90	4502.39	1.19	0.82	319.73

\*Microcuenca de Control

Fuente: Elaboración Propia



**Figura N° 4.2: Subdivisión de la microcuenca Chanquillo**



Fuente: Elaboración propia

**Cuadro N° 4.9: Parámetros físicos de la microcuenca Chanquillo**

Microcuenca	Cota Máxima (msnm)	Cota Máxima Río (msnm)	Cota Mínima (msnm)	L <sub>rio</sub> (km)	S <sub>prom</sub> (m/km)
Chanquillo*	5216.00	4890.00	4375.00	6.81	84.68
Auquín	5150.00	4675.00	4420.00	4.00	68.22
Chancapata	5110.00	4760.00	4550.00	1.07	116.35
Alta	5216.00	4890.00	4550.00	2.91	135.37
Intermedia	5050.00	4550.00	4420.00	2.02	62.54
Baja	4884.00	4420.00	4375.00	1.88	21.33
Colectora	4582.00	4470.50	4466.73	0.23	15.22

\*Microcuenca de Control

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a estos resultados tenemos que la microcuenca de control Chanquillo forma una microcuenca de oval redonda a oval oblonga, de forma redonda que favorece flujos de velocidad media, con un tipo de relieve fuerte con tendencia media a las crecidas.

La microcuenca Auquín forma una microcuenca de oval redonda a oval oblonga, de forma entre redonda y alargada que favorece flujos de velocidad media, con un tipo de relieve fuerte con tendencia media a las crecidas.



#### 4.2.3.3 Red de Drenaje

La microcuenca Chanquillo puede caracterizarse como permanente, ya que cuenta con agua proveniente de bofedales y deshielos de nevados que en época de estiaje favorecen la escorrentía superficial. De acuerdo a los criterios establecidos por Strahler para identificar el orden de corriente de una cuenca, la microcuenca Chanquillo es de 3° orden. Ver Cuadro N° 4.10.

**Cuadro N° 4.10: Parámetros de la red de drenaje**

Microcuenca	Densidad de Drenaje	Constante de Estabilidad	Orden de Corriente
Chanquillo <sup>(1)</sup>	0.62	1.62	3
Alta	0.71	1.41	1
Chancapata	0.44	2.29	1
Intermedia	0.69	1.44	2
Auquín	0.61	1.64	2
Baja	0.59	1.69	3

(1) Microcuenca de Control  
Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.3.4 Tiempo de Concentración

El tiempo de concentración será el promedio de los valores obtenidos mediante varias fórmulas de uso común entre los hidrólogos, descartándose aquel valor que este excesivamente fuera del rango de los demás. Ver Cuadro N° 4.11.

**Cuadro N° 4.11: Tiempo de concentración en horas**

Microcuenca	Kirpich	Australiana	G. Rivero	U.S Corps	Hathaway	Temez	Promedio
Chanquillo <sup>(1)</sup>	0.75	2.00	1.96	2.06	1.25	2.06	1.87
Auquín	0.54	1.35	1.16	1.43	1.02	1.43	1.28
Chancapata	0.16	0.36	0.30	0.47	0.49	0.47	0.42
Alta	0.33	0.92	0.82	0.99	0.75	0.99	0.89
Intermedia	0.33	0.77	0.59	0.87	0.76	0.87	0.77
Baja	0.47	0.88	0.57	1.01	0.94	1.01	0.88
Colectora	0.11	0.18	0.07	0.22	0.39	0.22	0.20

(1) Microcuenca de control  
Fuente: Elaboración Propia



#### 4.2.3.5 Tratamiento de la Información Hidrometeorológica

Una de las áreas más descuidadas en el análisis de series hidrológicas es el tratamiento de los datos históricos registrados por medición directa, por lectura o por conteo. Aquí tratamiento significa el ajuste de los datos históricos a una condición homogénea, incluyendo la corrección de los posibles errores sistemáticos, la completación y extensión de los mismos y la reducción de los datos a condiciones naturales. Por ello, la confianza de la hidrología como una disciplina científica está realmente basada sobre la disponibilidad de suficientes datos (en cantidad y calidad) para verificar las teorías alrededor del fenómeno natural. El hidrólogo que quiere desarrollar un estudio hidrológico, se encuentra rodeado de un problema medular:

- Nunca o no siempre hay suficientes datos disponibles en el lugar y en la forma correcta que cubran su necesidad.

Para obviar estos inconvenientes, antes que todo se debe prestar la mayor importancia y fijarse en el tipo de datos disponibles para examinar sus características y confiabilidad de la información, lo cual se logra en forma eficiente planteándose y solucionándose las siguientes interrogantes:

- ✓ ¿Es confiable la información disponible?
- ✓ ¿Está completa dicha información?
- ✓ ¿Es suficiente la información disponible?

La primera pregunta se soluciona realizando un análisis de consistencia de la información disponible, mediante criterios físicos y métodos estadísticos que permitan identificar, evaluar y eliminar los posibles errores sistemáticos que han podido ocurrir. Las otras dos preguntas restantes se solucionan realizando los procesos de completación y extensión de datos mediante metodologías confiables, pero recordando que nada puede sustituir al dato original y directo, verificando cada vez que la acumulación de nuevos datos permita mejorar los cálculos.

La información utilizada para la realización del análisis hidrológico del proyecto de exploración Chiptaj, ha sido obtenida de documentos correspondientes a las siguientes instituciones:



- ✓ Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI);
- ✓ Instituto Geográfico Nacional IGN – Lima;
- ✓ Ministerio de Energía y Minas (MEM);
- ✓ Estudios In situ.

Las estaciones utilizadas para desarrollar el estudio se detallan a continuación:

**Cuadro N° 4.12: Estaciones meteorológicas**

Estación	Código Estación	Ubicación Política			Ubicación Geográfica		
		Dept.	Provincia	Distrito	Longitud W	Latitud S	Altitud (msnm)
Andajes	155201	Lima	Oyón	Andajes	76° 54'	10° 47'	3950
Cajatambo	000540	Lima	Cajatambo	Cajatambo	76° 59'	10° 28'	3350
Gorgor	151208	Lima	Cajatambo	Gorgor	77° 02'	10° 34'	3070
Oyón	000541	Lima	Oyón	Oyón	76° 46'	10° 40'	3641
Surasaca	000502	Lima	Oyón	Oyón	76° 47'	10° 31'	4400

Fuente: SENAMHI

**Cuadro N° 4.13: Periodo de Parámetros Utilizados**

Parámetro	Andajes	Cajatambo	Gorgor	Oyón	Surasaca
Precipitación Total Mensual	1964 – 1968 1973 – 1978 1985 – 1987 1990 – 2009	1970 – 1982 1985 – 1986 1994 – 2009	1990 – 2009	1964 – 1966 1969 – 1983 1987 – 2009	1968 – 1985 1995 – 2009
Precipitación Max. En 24h	1985 – 1987 1990 – 2009	1994 – 2009	1987 – 2009	1987 – 2009	1968 – 1985
Temperatura Media Mensual	–	1990 – 2009	–	1964 – 1983 1987 – 2009	1967 – 1985
Temperatura Mínima Media Mensual	–	1990 – 2009	–	1964 – 1983 1987 – 1991 1995 – 2009	1967 – 1982
Temperatura Máxima Media Mensual	–	1994 – 2009	–	1964 – 1983 1987 – 1996 1998 – 2006 2008 – 2009	1967 – 1985
Humedad Relativa	–	1990 – 2009	–	1966 – 1983 1987 – 2009	–
Horas de Sol Total Mensual	–	–	–	1996 – 2009	–
Dirección Predominante y Velocidad del Viento Mensual	–	–	–	1998 – 2009	–

Fuente: SENAMHI



## 1. Precipitación Total Media Mensual

### a. Análisis de Consistencia Gráfica

Permite identificar visualmente cambios significativos a través del tiempo como son los saltos o tendencias en la pendiente de la recta dibujada. Se basa en el hecho de que estaciones de una zona homogénea deben tener comportamientos y parámetros estadísticos similares. Es conocida como el análisis de la Curva de Doble Masa (CDM).

Para la realización de los cálculos de regionalización de los parámetros de precipitación se requiere una base de datos, que sea coherente en extensión y continuidad. Con el propósito de uniformizar los datos de todas las estaciones, se utiliza una estación base. En nuestro caso se analizaron las estaciones Andajes, Cajatambo, Gorgor, Oyón y Surasaca para el periodo 1965 – 2010, completándose los valores faltantes con los promedios mensuales. La estación Andajes fue elegida como estación base.

#### ➤ ESTACIÓN CAJATAMBO (1965 – 2010)

- ✓ Se detectaron dos (02) posibles periodos dudosos para los años 1972 – 1982 y 2006 – 2009;
- ✓ El periodo confiable utilizado abarca el periodo 1994 – 2005.

#### ➤ ESTACIÓN GORGOR (1990 – 2010)

- ✓ Se detectaron dos (02) posibles periodos dudosos para los años 1990 – 1998 y 2005 – 2009;
- ✓ El periodo confiable utilizado abarca el periodo 1999 – 2004.

#### ➤ ESTACIÓN OYÓN (1965 – 2010)

- ✓ Se detectaron cuatro (04) posibles periodos dudosos para los años 1990 – 1998 y 2005 – 2009;
- ✓ El periodo confiable utilizado abarca el periodo 1994 – 2006.



#### ➤ ESTACIÓN SURASACA (1965 – 2010)

- ✓ Se detectaron tres (03) posibles periodos dudosos para los años 1968 – 1977, 1995 – 1996 y 2002 – 2004;
- ✓ El periodo confiable utilizado abarca el periodo 2005 – 2010.

#### b. Análisis Estadístico de Saltos

Después de corregir los saltos existentes, si los hubiera, se procede al análisis de la presencia de tendencias, que se definen como un cambio sistemático y continuo sobre una muestra de información hidrometeorológica en cualquier parámetro de la misma, que afectan las distribuciones y dependencias de las series.

##### Tendencia de la Media

El análisis estadístico consiste en probar, mediante la prueba t (prueba de hipótesis), si los parámetros de la tendencia, son estadísticamente iguales o diferentes con una probabilidad del 95% o con 5% de nivel de significación.

##### Tendencia de la Desviación Estándar

El análisis estadístico consiste en probar, mediante la prueba F (prueba de hipótesis), si los parámetros de la tendencia, son estadísticamente iguales o diferentes con una probabilidad del 95% o con 5% de nivel de significación.

##### Corrección de los Datos

Si el coeficiente de correlación R resulta significativo en las pruebas estadísticas, entonces la tendencia en la media y/o desviación estándar es significativa, siendo necesaria su corrección.

#### ➤ ESTACIÓN CAJATAMBO (1965 – 2010)

- ✓ Se analizó el periodo dudoso 1972 – 1982 y presenta inconsistencias en la media con un 95% de nivel de significancia.



- ✓ La información corregida del periodo 1972 – 1982 es consistente tanto para la media y la desviación estándar con un 95% de nivel de significancia.
- ✓ Se analizaron los demás periodos dudosos y son consistentes para la media y para la desviación estándar con un 95% de nivel de significancia.

➤ **ESTACIÓN GORGOR (1990 – 2010)**

- ✓ Se analizó el periodo dudoso 2005 – 2009 y presenta inconsistencias en la media y en la desviación estándar con un 95% de nivel de significancia.
- ✓ La información corregida del periodo 2005 – 2009 es consistente tanto para la media y la desviación estándar con un 95% de nivel de significancia.
- ✓ Se analizó el periodo dudoso restante y es consistente para la media y para la desviación estándar con un 95% de nivel de significancia.

➤ **ESTACIÓN OYÓN (1965 – 2010)**

- ✓ Se analizó el periodo dudoso 1966 y presenta inconsistencias en la desviación estándar con un 95% de nivel de significancia.
- ✓ La información corregida del periodo 1966 es consistente tanto para la media y la desviación estándar con un 95% de nivel de significancia.
- ✓ Se analizaron los demás periodos dudosos y son consistentes para la media y para la desviación estándar con un 95% de nivel de significancia.

➤ **ESTACIÓN SURASACA (1965 – 2010)**

- ✓ Se analizó el periodo dudoso 1995 – 1996 y presenta inconsistencias en la desviación estándar con un 95% de nivel de significancia.
- ✓ La información corregida del periodo 1995 – 1996 es consistente tanto para la media y la desviación estándar con un 95% de nivel de significancia.
- ✓ Se analizaron los demás periodos dudosos y son consistentes para la media y para la desviación estándar con un 95% de nivel de significancia.



### c. Análisis Estadístico de Tendencias

Después de corregir los saltos existentes, si los hubiera, se procede al análisis de la presencia de tendencias, que se definen como un cambio sistemático y continuo sobre una muestra de información hidrometeoro lógica en cualquier parámetro de la misma, que afectan las distribuciones y dependencias de las series.

#### Tendencia de la Media

El análisis estadístico consiste en probar, mediante la prueba  $t$  (prueba de hipótesis), si los parámetros de la tendencia, son estadísticamente iguales o diferentes con una probabilidad del 95% o con 5% de nivel de significación.

#### Tendencia de la Desviación Estándar

El análisis estadístico consiste en probar, mediante la prueba  $F$  (prueba de hipótesis), si los parámetros de la tendencia, son estadísticamente iguales o diferentes con una probabilidad del 95% o con 5% de nivel de significación.

#### Corrección de los Datos

Si el coeficiente de correlación  $R$  resulta significativo en las pruebas estadísticas, entonces la tendencia en la media y/o desviación estándar es significativa, siendo necesaria su corrección.

Ninguna de las estaciones analizadas presenta tendencias en la media ni en la desviación estándar.

## 2. Precipitación Máxima En 24 Horas

### a. Análisis de Independencia

El ajuste de una distribución estadística se realiza a partir de una serie de longitud  $n$  constituida de eventos independientes e idénticamente distribuidas de la variable aleatoria considerada. Por lo tanto, la 1ª etapa del análisis estadístico, consiste





en verificar la independencia de los datos que integran la serie de valores extremos, es decir las precipitaciones máximas en 24 horas. La prueba Wald – Wolfowitz es una prueba no paramétrica, que permite verificar la independencia y detectar las tendencias que presentan los datos de una muestra.

Todas las series analizadas son independientes, para mayor detalle véase el Anexo B.1.

#### **b. Análisis de Homogeneidad**

Por homogeneidad se entiende que todos los elementos de una muestra están formados por eventos de la misma variable aleatoria y que los valores de la muestra deben proceder de la misma población estadística. Con fines prácticos, se puede decir, que una serie de lluvias anuales y en general, cualquier serie climatológica, presenta como alternativas a la homogeneidad, los cambios bruscos (Saltos) de su valor medio, la tendencia o alguna forma de oscilación. En este análisis se utilizó el método de Helmert, que consiste en analizar el signo de las desviaciones de cada evento de la serie con respecto a la media de la muestra. Adicionalmente se usa el método de las secuencias para efectuar una comprobación de la homogeneidad.

#### **➤ ESTACIÓN OYÓN (1987 – 2010)**

- ✓ La serie es no homogénea mediante el método de Helmert.
- ✓ La serie es homogénea mediante el método de las secuencias.
- ✓ Se asume la serie como homogénea.

Las demás series son homogéneas mediante los dos métodos.

#### **c. Análisis de Valores Dudosos**

Es muy importante verificar si un valor dudoso (outlier) pertenece o no a la misma población que el resto de los datos que integran una serie. En general, los datos dudosos (outliers) son valores de la información que se alejan significativamente de la tendencia general de la información restante y la retención o eliminación de este tipo de



datos puede afectar de manera relevante la magnitud de los parámetros estadísticos de la información, en especial de muestras pequeñas.

La presencia de un valor anómalo puede alterar sensiblemente las conclusiones de un análisis estadístico. Para el presente estudio se utilizó el método de Grubbs para hallar los valores dudosos (outliers).

#### ➤ **ESTACIÓN GORGOR (1987 – 2010)**

Presenta un outlier alto; CHOW et al. (1994) y ZALINA et al. (2002), señalan que los “outliers” bajos deben descartarse si el estudio está enfocado en el análisis de eventos extremos máximos, dado que estos valores pueden influir en el ajuste de alguna distribución de probabilidades. Por el contrario, si no hay información histórica útil para compararla con los “outliers” altos, estos deben ser retenidos como parte del registro sistemático. Ninguna de las otras series analizadas presenta valores dudosos con una probabilidad del 95%.

Después de realizado los análisis se concluye que los datos de todas las estaciones no necesitan corrección y pueden ser usadas para poder hallar las precipitaciones máximas en 24 horas del área de estudio.

### **3. Completación de la Información Hidrometeorológica**

Completar un registro histórico significa aumentar los datos un periodo considerable. La completación es importante por cuanto hace variar los estimados de los parámetros; si el procedimiento es adecuado, entonces se mejora los estimados, pero si el procedimiento no es el adecuado, entonces se puede empeorar los estimados. La media y la varianza representa los principales parámetros de la distribución de probabilidades de los valores medios anuales y no anuales. Los valores poblacionales de estos parámetros, en la práctica no son conocidos, tal que necesitan ser estimados desde los datos históricos muestrales.



#### **a. Datos Pluviométricos**

Después de comprobar la consistencia de las series se procedió a completarlas para poder ser usadas. En este caso el periodo común para todas las estaciones será 1965 – 2010.

El análisis de la mejora de los parámetros estadísticos nos muestra que la completación de la estación Gorgor no cumple los requisitos para los meses de junio, julio y agosto. A pesar de lo anterior se completó esta estación ya que la no mejora de los parámetros se debe principalmente al corto periodo de información. En las demás estaciones, y para todos los meses, la completación es satisfactoria ya que cumple con la mejora de los estimados de los parámetros estadísticos.

Las series completadas para el periodo 1965 – 2010 y los análisis de los criterios para mejora los estimados de los parámetros se presentan en el Anexo B.1. Para el caso de la precipitación máxima en 24 horas no se completó debido a que entre cinco y siete meses no se mejora el estimado de los parámetros en las estaciones analizadas.

#### **b. Datos Climatológicos**

Se realizó el análisis de completación para los parámetros de temperatura media mensual, temperatura máxima media mensual, temperatura mínima media mensual y humedad relativa haciendo uso del software HEC – 4. Para el caso de la temperatura media mensual se completaron las estaciones analizadas para el periodo 1965 – 2010. La completación es satisfactoria ya que cumple con la mejora de los estimados de los parámetros estadísticos para todos los meses.

Para la temperatura máxima media mensual se completaron las estaciones para el periodo 1965 – 2010. En el caso de la estación Surasaca se tiene que el mes de octubre no se mejora el estimado de los parámetros (debido principalmente al corto periodo de información en común que se tiene). La completación de las demás estaciones es satisfactoria ya que cumple con la mejora de los estimados de los parámetros estadísticos para todos los meses.



Para la temperatura mínima media mensual no se completó la estación Cajatambo por presentar cinco (05) meses sin mejora de la información. Se decidió mantener los periodos de información de cada estación analizada y completar aquellos meses faltantes con el promedio mensual de cada una de ellas. En el caso de la estación Oyón la completación es satisfactoria ya que cumple con la mejora de los estimados de los parámetros estadísticos para todos los meses.

En el caso de la humedad relativa se completó la data de las estaciones analizadas para el periodo 1965 – 2010. Los criterios para la mejora de los parámetros nos indican que es significativa la completación para todos los meses.

Las series corregidas y completadas, y los análisis de los criterios para mejorar los estimados de los parámetros, se presentan en el Anexo B.1

#### **4.2.3.6 Regionalización de Parámetros Hidrometeorológicos**

Teniendo en cuenta la magnitud de la microcuenca en estudio, las estaciones meteorológicas quedan fuera de la misma, lo cual nos obliga a implementar métodos adecuados para regionalizar las variables hidrometeorológicas a la zona de estudio. Se procederá a regionalizar la precipitación total mensual, la precipitación máxima en 24 horas, la temperatura, la humedad relativa, y la evaporación para las microcuencas en estudio.

##### **1. Precipitación Total Anual**

Se recabo información de diversas estaciones ubicadas en la cuenca del río Pativilca y Huaura, hallando el valor promedio de la precipitación total mensual para poder relacionarlo con la altura a la que ocurre. Se procedió a plotear los datos, ubicando las alturas en el eje de las abscisas y la precipitación el eje de las ordenadas, encontrándose que la mejor relación se ajusta a una ecuación del tipo potencial con un coeficiente de correlación alto:

$$P = 0.0000065H^{2.2469437}$$
$$\text{con } r = 0.989 \text{ y } r^2 = 0.979$$



Dónde:

P : Precipitación total media anual (mm)

H : Altura (msnm)

r : Coeficiente de correlación

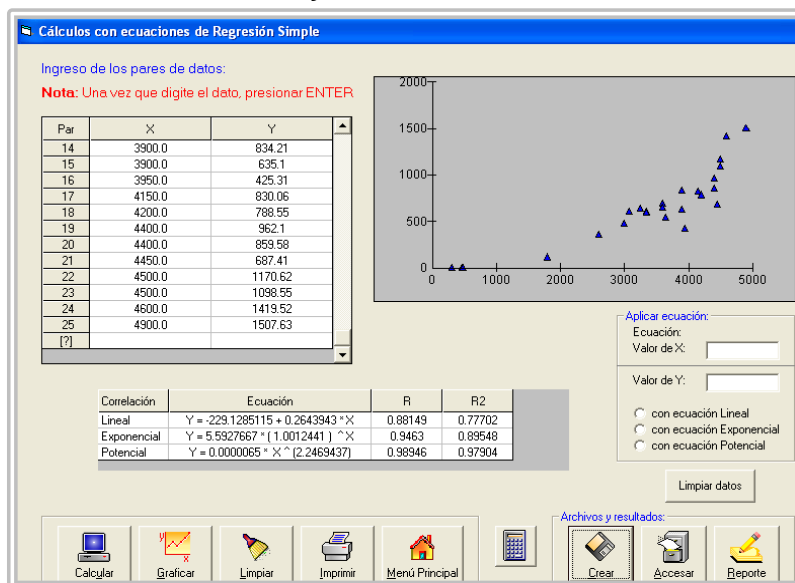
$r^2$  : Coeficiente de determinación

**Cuadro N° 4.14:** Relación precipitación vs altitud

Estación	Altitud (msnm)	Prec. Media Anual (mm)	Prec. Media Anual Calc. (mm)	Error Relativo (%)
Andahuasi	470	5.40	6.56	-21.5
Santa Rosa	485	4.38	7.04	-60.7
Pampa libre	1800	119.50	134.07	-12.2
Carac	2600	364.76	306.31	16.0
Picoy	2990	486.30	419.33	13.8
Gorgor	3070	632.50	444.96	29.7
Paccho	3250	646.40	505.73	21.8
Cajatambo	3350	613.79	541.37	11.8
Chalgo	3350	601.09	541.37	9.9
Parquín	3590	691.90	632.43	8.6
Pachangara	3600	655.89	636.39	3.0
Oyón	3641	549.08	652.79	-18.9
Laguna Cachipacanan	3900	834.21	761.79	8.7
Sharin	3900	635.10	761.79	-19.9
Andajes	3950	425.30	783.91	-84.3
Paton	4150	830.06	875.92	-5.5
Pachamachay	4200	788.55	899.81	-14.1
Cochaquillo	4400	962.10	998.96	-3.8
Surasaca	4400	859.58	998.96	-16.2
Tupe	4450	687.41	1024.64	-49.1
Chacua	4500	1170.62	1050.69	10.2
Jazuna Alta	4500	1098.55	1050.69	4.4
Surasaca Alto	4600	1419.52	1103.89	22.2
Raura	4900	1507.63	1272.26	15.6

Fuente: Elaboración Propia

**Figura N° 4.3:** Cálculo de la ecuación de regresión múltiple de precipitación total con software Hidroesta



Fuente: Elaboración propia

La regionalización a los sitios de interés se basará en una simple relación de precipitaciones, hallándose un coeficiente que servirá de base para la extrapolación de la lluvia hacia zonas donde no se encuentren datos disponibles. Con la altura media de la zona o cuenca de interés se halla la precipitación total media anual y se la relaciona con la precipitación de la estación base, en este caso la estación Surasaca, como se muestra a continuación.

$$C_r = \frac{P_{ec}}{P_{eb}}$$

Dónde:

$C_r$  : Coeficiente de regionalización

$P_{eb}$  : Precipitación media anual estación base

$P_{ec}$  : Precipitación media anual estación a calcular

Una vez hallado el factor de regionalización, lo multiplicamos por los valores históricos de la estación índice elegida de tal manera de generar una serie histórica sintética para nuestra área de estudio.



**Cuadro N° 4.15:** Coeficientes de regionalización de precipitación total media anual

Microcuenca	Altitud (msnm)	Precipitación Total Media Anual (mm)	C <sub>r</sub>
Chanquillo <sup>(1)</sup>	4755.02	1189.2	1.3835
Auquin	4762.33	1193.3	1.3883
Chancapata	4831.91	1232.9	1.4343
Alta	4873.50	1256.9	1.4622
Intermedia	4633.92	1122.3	1.3056
Baja	4547.11	1075.6	1.2513
Colectora	4502.39	1051.9	1.2238

(1) Microcuenca de Trabajo

Fuente: Elaboración propia

## 2. Precipitación Máxima en 24 Horas

Se utilizó una ecuación de regresión múltiple, haciendo uso del software Hidroesta, relacionando la media de la precipitación máxima en 24 horas anual, la altitud, la latitud y la longitud.

Se encontró que la mejor relación se ajusta a una ecuación del tipo potencial con un coeficiente de correlación alto, utilizando el valor medio de las precipitaciones máximas en 24 horas de cada estación:

$$P_{24h} = 3.98548 \times 10^{-160} \times Lat^{2.0086} \times Long^{82.3099} \times H^{0.9723}$$

$$\text{con } r = 0.964 \text{ y } r^2 = 0.929$$

Dónde:

P<sub>24h</sub> : Precipitación máxima en 24 horas media (mm)

H : Altura (msnm)

Lat : Latitud (°)

Long : Longitud (°)

r : Coeficiente de correlación

r<sup>2</sup> : Coeficiente de determinación

**Cuadro N° 4.16:** Relación precipitación máxima en 24h vs altitud – ubicación geográfica

Estación	Altura (msnm)	Latitud (°)	Longitud (°)	Prec. Máx. 24 horas Media (mm)	Prec. Máx. 24 horas Media Calc. (mm)	Error Relativo (%)
Andahuasi	470.00	11.13	77.23	5.0	4.9	2.9
Andajes	3950.00	10.78	76.90	20.7	25.3	-22.0
Cajatambo	3350.00	10.47	76.98	26.9	22.2	17.7
Gorgor	3070.00	10.57	77.03	21.0	21.9	-4.2
Oyón	3641.00	10.67	76.77	19.9	19.8	0.5
Paccho	3250.00	10.95	76.93	26.2	22.3	14.8
Pampa Libre	1800.00	10.87	76.97	10.5	12.8	-22.2
Picoy	2990.00	10.92	76.73	18.6	16.5	11.2
Surasaca	4400.00	10.52	76.78	22.0	23.5	-7.0

Fuente: Elaboración propia

Para la regionalización se hallaron las coordenadas geográficas del centro de gravedad de cada microcuenca y se reemplazaron en la fórmula hallada anteriormente, determinándose la precipitación máxima en 24 horas para cada microcuenca. La estación base utilizada para crear los registros históricos, periodo 1968 – 2010, fue Surasaca para los años 1968 – 1986 y la estación Oyón para los años 1987 – 2010.

**Figura N° 4.4:** Cálculo de la ecuación de regresión múltiple de precipitación máxima en 24 horas con software Hidroesta

**Cálculos con ecuaciones de regresión múltiple, con 3 variables independientes**

Ingreso de los cuartetos de datos:

**Nota:** Una vez que digite el dato, presionar ENTER

Cuarteto	X1	X2	X3	Y
1	11.13361	77.23361	470.0	5.0
2	10.78361	76.90028	3950.0	20.7
3	10.66694	76.76694	3641.0	19.9
4	10.95028	76.93361	3250.0	26.2
5	10.86694	76.96694	1800.0	10.5
6	10.91694	76.73361	2990.0	18.6
7	10.51694	76.78361	4400.0	22.0
8	10.46667	76.98333	3350.0	26.9
9	10.56667	77.03333	3070.0	21.0
[?]				

Aplicar ecuación:

Correlación potencial múltiple

Valor de X1: 10.86694

Valor de X2: 76.96694

Valor de X3: 1800

Valor de Y: 12.8294

☐ correlación lineal múltiple

☒ correlación potencial múltiple

Limpiar datos

Correlación	Ecuación	R	R <sup>2</sup>	Se
Lineal	$Y = -1076.1968 + 0.0536 \cdot X1 + 13.9799 \cdot X2 + 0.0064 \cdot X3$	0.8678	0.7531	4.4403
Potencial	$Y = 0.0000 \cdot X1^{(+2.0088)} \cdot X2^{(+82.3099)} \cdot X3^{(+0.9723)}$	0.9638	0.9288	3.7750

Archivos y resultados:

Calcular Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal

Clear Accesar Reporte

Fuente: Elaboración propia

Finalmente al utilizar series de información pluviométrica es necesario señalar que la precipitación máxima diaria (1 día) obtenida sobre una base pluviométrica es





menor que la obtenida en cualquier período de 24 h (base pluviográfica), dado que una tormenta puede haberse registrado en dos días consecutivos. WIESNER (1970); McKAY (1973); WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO) (1973); SAMANI y HARGREAVES (1989) y STEDINGER et al. (1993), señalan que la verdadera máxima anual en 24 h se estima en promedio, 1.13 veces mayor que la máxima anual de 1 día, por lo que los valores regionalizados fueron afectados por este valor.

**Cuadro N° 4.17:** Coeficientes de regionalización de precipitación máxima en 24 horas media anual

Microcuenca	Altitud (msnm)	Latitud (°)	Longitud (°)	Precipitación Max. 24h Media Anual (mm)	Precipitación Max. 24h Media Anual (mm) <sup>(1)</sup>
Control Chanquillo	4755.02	10.56	76.88	28.3	31.9
Auquín	4762.33	10.58	76.87	28.4	32.0
Chancapata	4831.91	10.56	76.86	28.4	32.1
Alta	4873.50	10.54	76.87	28.6	32.3
Intermedia	4633.92	10.55	76.88	27.7	31.2
Baja	4547.11	10.56	76.89	27.6	31.1
Colectora	4502.39	10.56	76.90	27.4	31.0

(1) Valor multiplicado por 1.13 de acuerdo a recomendación de WMO (1973)

Fuente: Elaboración propia

### 3. Temperatura Anual

Para la temperatura media anual se analizaron cinco (05) estaciones, dos (02) de las cuales han sido adaptadas de proyectos cercanos, encontrándose que la mejor relación que se ajusta a nuestros datos es la lineal:

$$T_{med} = 29.4748699 - 0.0056959H$$

$$\text{con } r = -0.989 \text{ y } r^2 = 0.978$$

Dónde:

$T_{med}$  : Temperatura media anual (°C)

$H$  : Altura (msnm)

$r$  : Coeficiente de correlación

$r^2$  : Coeficiente de determinación

**Cuadro N° 4.18:** Relación temperatura media anual vs altitud

Estación	Altura (msnm)	Temperatura Media Anual (mm)	Temperatura Media Anual Calc. (mm)	Error Relativo (%)
Surasaca	4400	4.2	4.4	-5.1
Picoy	2990	11.9	12.4	-4.6
Cochaquillo	4400	4.2	4.4	-5.1
Oyón	3641	9.6	8.7	9.0
Cajatambo	3350	10.5	10.4	1.0

Fuente: Elaboración propia

Para el caso de la temperatura mínima media anual se analizaron cuatro (04) estaciones, una (01) de las cuales ha sido adaptada de proyectos cercanos, encontrándose que la mejor relación que se ajusta a nuestra información es del tipo lineal:

$$T_{min} = 21.25729 - 0.00485H$$

$$\text{con } r = -0.986 \text{ y } r^2 = 0.973$$

Dónde:

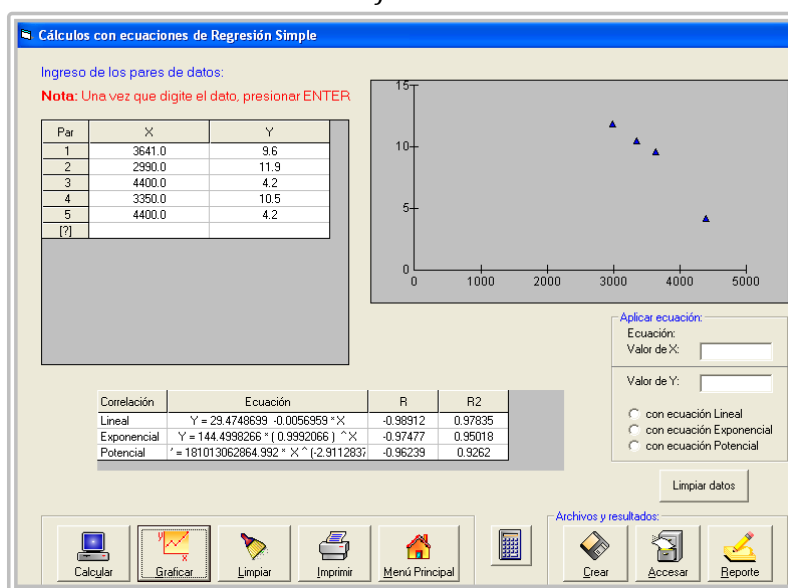
$T_{min}$  : Temperatura mínima media anual (°C)

H : Altura (msnm)

r : Coeficiente de correlación

$r^2$  : Coeficiente de determinación

**Figura N° 4.5:** Cálculo de la ecuación de regresión múltiple de temperatura media anual con software Hidroesta



Fuente: Elaboración propia



**Cuadro N° 4.19: Relación temperatura mínima media anual vs altitud**

Estación	Altura (msnm)	Temperatura Mínima Media Anual (mm)	Temperatura Mínima Media Anual Calc. (mm)	Error Relativo (%)
Surasaca	4400	-0.4	-0.1	79.3
Picoy	2990	6.3	6.8	-7.2
Oyón	3641	4.2	3.6	14.3
Cajatambo	3350	5.2	5.0	3.7

Fuente: Elaboración propia

Debido a que en la zona de estudio se presentan valores negativos de temperatura mínima, los métodos de regionalización no establecen claramente la variación temporal de este parámetro por lo que se optó por hallar la temperatura mínima mediante una simple relación entre la temperatura media y la temperatura máxima como se muestra en el ítem 4.2.3.7.

Para la temperatura máxima media anual se analizaron cuatro (04) estaciones, una (01) de las cuales ha sido adaptada de proyectos cercanos, encontrándose que la mejor relación que se ajusta a nuestra información es del tipo lineal:

$$T_{max} = 37.7411864 - 0.0063462H$$

$$\text{con } r = -0.981 \text{ y } r^2 = 0.962$$

Dónde:

$T_{max}$  : Temperatura máxima media anual (°C)

$H$  : Altura (msnm)

$r$  : Coeficiente de correlación

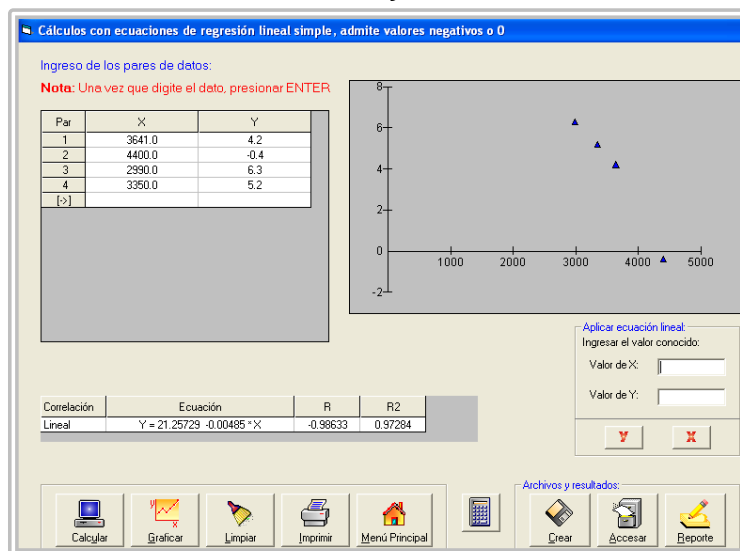
$r^2$  : Coeficiente de determinación

**Cuadro N° 4.20: Relación temperatura máxima media anual vs altitud**

Estación	Altura (msnm)	Temperatura Máxima Media Anual (mm)	Temperatura Máx. Media Anual Calc. (mm)	Error Relativo (%)
Surasaca	4400	9.5	9.9	-3.7
Picoy	2990	18.7	18.8	-0.7
Oyón	3641	15.8	14.7	7.1
Cajatambo	3350	15.9	16.5	-4.0

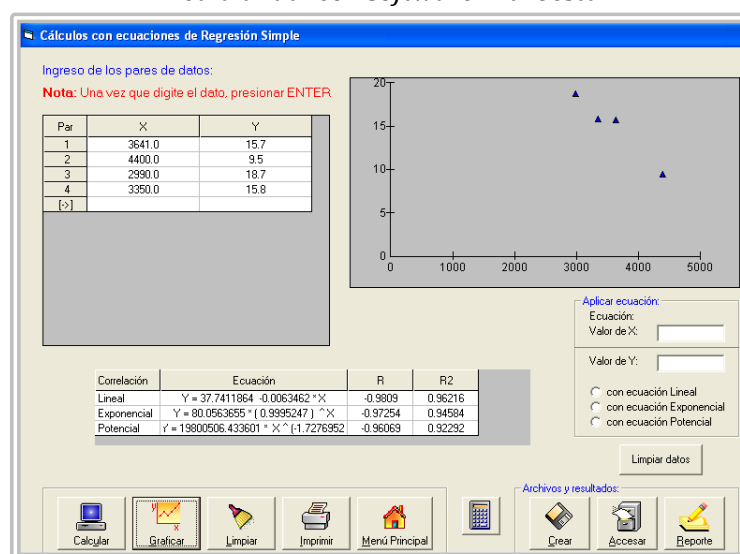
Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 4.6:** Cálculo de la ecuación de regresión múltiple de temperatura mínima media anual con software Hidroesta



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 4.7:** Cálculo de la ecuación de regresión múltiple de temperatura máxima media anual con software Hidroesta



Fuente: Elaboración propia

Una vez hallada las temperaturas media anual y máxima media anual se las relaciona con la temperatura de la estación base, como se muestra a continuación.

$$C_t = \frac{T_{ec}}{T_{eb}}$$

Dónde:



- $C_r$  : Coeficiente de Regionalización  
 $T_{eb}$  : Temperatura Media Anual Estación Base  
 $T_{ec}$  : Temperatura Media Anual Estación a Calcular

La estación base para la regionalización de las temperaturas es la estación Oyón y el periodo para los tres casos es 1965 – 2010. A continuación se presentan los coeficientes de regionalización y las medias anuales para las microcuencas en estudio:

**Cuadro N° 4.21: Coeficientes de regionalización de temperatura**

Microcuenca	Altitud Media (msnm)	$C_{tmedia}$	T Media Anual (°C)	$C_{tmin}$	T Min. Media Anual (°C)	$C_{tmax}$	T Max. Media Anual (°C)
Control Chanquillo	4755.02	0.2489	2.4	–	-2.8	0.4801	7.6
Auquín	4762.33	0.2446	2.3	–	-1.5	0.4772	7.5
Chancapata	4831.91	0.2033	2.0	–	-1.9	0.4472	7.1
Alta	4873.50	0.1787	1.7	–	-2.1	0.4324	6.8
Intermedia	4633.92	0.3208	3.1	–	-0.8	0.5289	8.4
Baja	4547.11	0.3723	3.6	–	-0.4	0.5638	8.9
Colectora	4502.39	0.3988	3.8	–	-0.1	0.5818	9.2

Fuente: Elaboración propia

#### 4. Humedad Relativa Media Anual

Se encontró una relación lineal que nos permitió extrapolar los datos de humedad hacia la zona de interés. Una vez más aplicamos el concepto vertido en los ítems anteriores y encontramos el valor del coeficiente de regionalización.

$$H_{rel} = 81.8833895 - 0.0038793H$$

$$\text{con } r = 0.839 \text{ y } r^2 = 0.704$$

Dónde:

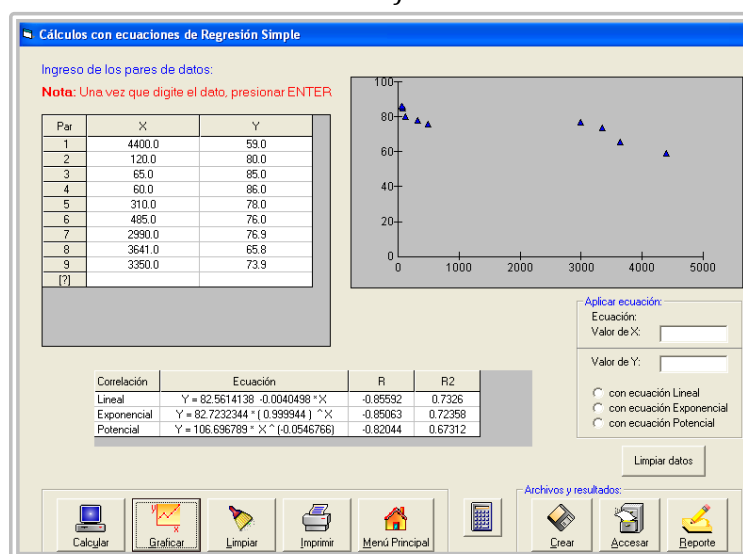
- $H_{rel}$  : Humedad relativa media anual (%)  
 $H$  : Altura (msnm)  
 $r$  : Coeficiente de correlación  
 $r^2$  : Coeficiente de determinación

**Cuadro N° 4.22:** Relación humedad relativa media anual vs altitud – ubicación geográfica

Estación	Altura (msnm)	Humedad Relativa Media Anual (mm)	Humedad Relativa Media Anual Calc. (mm)	Error Relativo (%)
Surasaca	4400	59.0	64.7	-9.7
Alcantarilla	120	80.0	82.1	-2.6
Paramonga	60	86.0	82.3	4.3
Camay	65	85.0	82.3	3.2
Humaya	310	78.0	81.3	-4.2
Santa Rosa	485	76.0	80.6	-6.0
Andahuasi	570	76.0	80.3	-5.6
Picoy	2990	76.9	70.5	8.4
Oyón	3641	65.8	67.8	-3.1
Cajatambo	3350	73.9	69.0	6.6

Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 4.8:** Cálculo de la ecuación de regresión múltiple de humedad relativa media anual con software Hidroesta



Fuente: Elaboración propia

Una vez más aplicamos el concepto vertido en los ítems anteriores, utilizando la estación Oyón como estación índice para el periodo 1965 – 2010, y encontramos el valor del coeficiente de regionalización y la humedad relativa media anual para las microcuencas en estudio:



**Cuadro N° 4.23: Coeficientes de regionalización de humedad relativa**

Microcuenca	Altitud (msnm)	$C_h$	Humedad Relativa Media Anual (%)
Control Chanquillo	4755.02	0.9627	63.3
Auquín	4762.33	0.9622	63.3
Chancapata	4831.91	0.9580	63.0
Alta	4873.50	0.9554	62.8
Intermedia	4633.92	0.9702	63.8
Baja	4547.11	0.9755	64.1
Colectora	4502.39	0.9783	64.3

Fuente: Elaboración propia

## 5. Evapotranspiración

Ante la falta de información respecto a este inconveniente se realizó su cálculo mediante fórmulas tal como se puede apreciar en el acápite 4.2.3.7.

## 6. Horas de Sol

Al no contarse con suficiente información que nos permita regionalizar este parámetro climatológico al área de estudio se vio por conveniente asumir los valores de la estación Oyón como representativos del área de estudio.

## 7. Velocidad y Dirección del Viento

Al no contarse con suficiente información que nos permita regionalizar este parámetro climatológico a la zona de estudio se vio por conveniente asumir los valores de la estación Oyón como representativos del área de estudio.

### 4.2.3.7 Caracterización Climática

Las características climatológicas de la zona de estudio están determinadas por la variación de los principales parámetros meteorológicos, como precipitación, evaporación, temperatura, humedad relativa y otros, los cuales varían localmente en función de la altitud y la ubicación geográfica. A partir de la data climatológica regionalizada se procedió a caracterizar climáticamente las diversas microcuencas en estudio, cuyos parámetros climatológicos se presentan en el Anexo B.1. El clima en el área de estudio es frígido y seco durante gran parte del año, entre los meses de mayo a



octubre, con temperaturas extremas bajas que llegan a los  $-15^{\circ}\text{C}$ , y con intensas y fuertes precipitaciones de nevadas del tipo granizo y plumilla durante los meses de noviembre a abril.

## 1. Precipitación

En esta región el total de precipitaciones anuales aumenta con la altitud, desde las condiciones áridas subdesérticas que dominan los pisos andinos bajos, hasta los pisos húmedos de la zona alta. Esta gradación se debe principalmente a que el área se halla a sotavento de los vientos regionales dominantes, donde las masas aéreas que provienen del este amazónico, al transponer las cumbres de la cordillera andina, se ven forzadas a descender por la vertiente occidental de la cordillera debido a la topografía. Se inicia un descenso de más de 5000 m hasta la costa, y en este descenso constante, la compresión del aire provoca un calentamiento paulatino que reduce la humedad relativa y aleja cada vez más las posibilidades de condensación, formación de nubes y lluvias. Por ello las zonas altas de la sierra son lluviosas, y a medida que se desciende, el volumen de precipitaciones anuales va disminuyendo paulatinamente hasta la costa, la misma que vista de este modo, resulta un desierto de carácter orográfico, generado por la barrera que significa la cordillera andina respecto de la circulación general aérea de los vientos alisios.

El régimen pluviométrico se distribuye en dos épocas bien marcadas, la de estiaje y la de lluvias. La época de lluvias se produce entre los meses de octubre y abril, llegando a su pico entre los meses de enero y marzo. La época de estiaje se da entre los meses de mayo y setiembre, siendo el mes de julio el más seco.

**Cuadro N° 4.24: Precipitación total media mensual**

Microcuenca	Precipitación Total Media Mensual (mm)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Chanquillo <sup>(1)</sup>	174.2	186.4	218.0	102.8	39.6	18.5	11.3	25.9	53.5	105.7	112.6	140.7
Auquín	174.8	187.1	218.8	103.2	39.7	18.6	11.3	26.0	53.7	106.1	113.0	141.1
Chancapata	180.6	193.3	226.0	106.6	41.1	19.2	11.7	26.8	55.4	109.6	116.7	145.8
Alta	184.1	198.3	248.1	124.6	53.5	0.0	7.0	25.3	31.1	43.1	42.7	263.3
Intermedia	164.4	175.9	205.7	97.0	37.4	17.5	10.7	24.4	50.5	99.8	106.2	132.7
Baja	157.5	168.6	197.2	93.0	35.8	16.8	10.2	23.4	48.4	95.6	101.8	127.2
Colectora	154.1	164.9	192.9	91.0	35.0	16.4	10.0	22.9	47.3	93.5	99.6	124.4

(1) Microcuenca de control

Fuente: Elaboración propia





**Cuadro N° 4.25: Precipitación total máxima media mensual**

Microcuenca	Precipitación Total Máxima Media Mensual (mm)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Chanquillo <sup>(1)</sup>	331.8	327.5	381.4	197.7	134.1	78.4	52.9	99.4	139.6	242.4	239.0	251.4
Auquín	332.9	328.6	382.8	198.4	134.5	78.7	53.1	99.8	140.1	243.2	239.8	252.3
Chancapata	343.9	339.5	395.4	205.0	139.0	81.3	54.8	103.1	144.7	251.3	247.8	260.6
Alta	350.6	346.1	403.1	208.9	141.7	82.9	55.9	105.1	147.5	256.1	252.6	265.7
Intermedia	313.1	309.0	360.0	186.6	126.5	74.0	49.9	93.8	131.7	228.7	225.5	237.2
Baja	300.1	296.2	345.0	178.8	121.2	70.9	47.8	89.9	126.3	219.2	216.1	227.4
Colectora	293.5	289.7	337.4	174.9	118.6	69.4	46.8	88.0	123.5	214.4	211.4	222.4

(1) Microcuenca de control

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro N° 4.26: Precipitación total mínima media mensual**

Microcuenca	Precipitación Total Mínima Media Mensual (mm)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Chanquillo <sup>(1)</sup>	84.5	66.7	90.9	35.8	0.0	0.0	0.0	0.0	13.1	10.7	28.0	44.6
Auquín	84.8	66.9	91.2	36.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.2	10.7	28.1	44.8
Chancapata	87.6	69.1	94.2	37.1	0.0	0.0	0.0	0.0	13.6	11.1	29.0	46.2
Alta	89.3	70.5	96.1	37.9	0.0	0.0	0.0	0.0	13.9	11.3	29.6	47.1
Intermedia	79.8	62.9	85.8	33.8	0.0	0.0	0.0	0.0	12.4	10.1	26.4	42.1
Baja	76.5	60.3	82.2	32.4	0.0	0.0	0.0	0.0	11.9	9.7	25.3	40.3
Colectora	74.8	59.0	80.4	31.7	0.0	0.0	0.0	0.0	11.6	9.4	24.7	39.5

(1) Microcuenca de control

Fuente: Elaboración propia

A continuación se presentan los valores de la precipitación total media anual para las microcuencas en estudio:

**Cuadro N° 4.27: Precipitación total media anual**

Microcuenca	Precipitación Total Media Anual (mm)
Chanquillo <sup>(1)</sup>	1189.2
Auquín	1193.3
Chancapata	1232.9
Alta	1256.9
Intermedia	1122.3
Baja	1075.6
Colectora	1051.9

(1) Microcuenca de control

Fuente: Elaboración propia

## 2. Temperatura

La presencia de varios pisos altitudinales, generados por la cordillera andina, es la condición básica que define la climatología del área. Como corresponde a los climas



andinos, hay un descenso de la temperatura del orden de 5 °C a 6 °C por cada kilómetro que se asciende en altitud, y hay que considerar que el área de estudio que abarca el proyecto, comprende sectores que van desde 4500 a más de 4800 msnm de altitud.

La estacionalidad es poco clara respecto de las temperaturas, ya que los promedios térmicos mensuales son apenas ligeramente inferiores en los meses de invierno, los mismos que resultan soleados por la ausencia frecuente de nubosidad. La estacionalidad en el área se define como ya se ha mencionado, por la concentración de las lluvias durante el verano, cuando en estos pocos meses, las fases nubladas y lluviosas se hacen particularmente frecuentes. En general se tiene que el mes más frío es el de julio y el más caluroso el de setiembre. Cabe resaltar que las diferencias son pequeñas entre las diversas medias mensuales.

**Cuadro N° 4.28: Temperatura media mensual**

Microcuenca	Temperatura Media Mensual (°C)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Chanquillo <sup>(1)</sup>	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4	2.3	2.3	2.4	2.5	2.5	2.4	2.4
Auquín	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4	2.3	2.3	2.4	2.5	2.4	2.4	2.4
Chancapata	1.9	1.9	1.9	2.0	2.0	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Alta	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.6	1.7	1.8	1.8	1.7	1.7
Intermedia	3.0	3.0	3.0	3.1	3.1	3.0	3.0	3.1	3.2	3.2	3.1	3.1
Baja	3.5	3.5	3.5	3.6	3.6	3.5	3.4	3.6	3.7	3.7	3.6	3.6
Colectora	3.8	3.8	3.8	3.9	3.8	3.7	3.7	3.9	4.0	4.0	3.9	3.9

(1) Microcuenca de control

Fuente: Elaboración propia

La menor temperatura mínima media mensual se produce en el mes de julio, coincidiendo con las menores precipitaciones, y la mayor entre los meses de enero y marzo como se puede apreciar a continuación:

**Cuadro N° 4.29: Temperatura mínima media mensual**

Microcuenca	Temperatura Mínima Media Mensual (°C)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Chanquillo <sup>(1)</sup>	-2.4	-2.3	-2.4	-2.6	-3.1	-3.2	-3.3	-3.3	-3.1	-2.8	-2.7	-2.5
Auquín	-1.2	-1.1	-1.1	-1.3	-1.8	-1.9	-2.1	-2.0	-1.7	-1.5	-1.4	-1.2
Chancapata	-1.6	-1.5	-1.5	-1.7	-2.1	-2.3	-2.4	-2.4	-2.1	-1.9	-1.8	-1.6
Alta	-1.8	-1.7	-1.7	-1.9	-2.4	-2.5	-2.6	-2.6	-2.3	-2.1	-2.0	-1.9
Intermedia	-0.4	-0.3	-0.4	-0.6	-1.1	-1.3	-1.5	-1.4	-1.0	-0.8	-0.6	-0.5
Baja	0.1	0.2	0.1	-0.1	-0.6	-0.9	-1.1	-0.9	-0.5	-0.3	-0.1	0.0
Colectora	0.3	0.4	0.4	0.2	-0.4	-0.7	-0.9	-0.7	-0.3	0.0	0.1	0.2

(1) Microcuenca de control

Fuente: Elaboración propia



**Cuadro N° 4.30: Temperatura máxima media mensual**

Microcuenca	Temperatura Máxima Media Mensual (°C)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Chanquillo <sup>(1)</sup>	7.1	7.0	7.1	7.4	7.8	7.8	7.9	8.2	8.1	7.8	7.5	7.4
Auquín	7.1	7.0	7.0	7.4	7.8	7.8	7.9	8.1	8.0	7.7	7.5	7.3
Chancapata	6.7	6.6	6.6	6.9	7.3	7.3	7.4	7.6	7.5	7.3	7.0	6.9
Alta	6.4	6.3	6.4	6.7	7.1	7.1	7.1	7.3	7.3	7.0	6.8	6.6
Intermedia	7.8	7.7	7.8	8.2	8.6	8.6	8.7	9.0	8.9	8.6	8.3	8.1
Baja	8.4	8.2	8.3	8.7	9.2	9.2	9.3	9.6	9.5	9.1	8.8	8.7
Colectora	8.6	8.5	8.5	9.0	9.5	9.5	9.6	9.9	9.8	9.4	9.1	8.9

(1) Microcuenca de control

Fuente: Elaboración propia

La mayor temperatura máxima media mensual se produce en el mes de agosto, y la menor en el mes de febrero tal como se muestra en el cuadro siguiente:

Las medias anuales se encuentran entre 2.4 °C y 4.5 °C, las mínimas medias anuales están entre -0.1 °C y -2.8 °C mientras que las máximas medias anuales están entre 6.8 °C y 9.2 °C.

**Cuadro N° 4.31: Temperaturas medias, máximas y mínimas anuales**

Microcuenca	Temperatura Media Anual (°C)	Temperatura Mínima Media Anual (°C)	Temperatura Máxima Media Anual (°C)
Chanquillo <sup>(1)</sup>	2.4	-2.8	7.6
Auquín	3.0	-1.5	7.5
Chancapata	2.6	-1.9	7.1
Alta	2.4	-2.1	6.8
Intermedia	3.8	-0.8	8.4
Baja	4.3	-0.4	8.9
Colectora	4.5	-0.1	9.2

(1) Microcuenca de control

Fuente: Elaboración propia

### 3. Humedad Relativa

La humedad relativa tiene sus máximos valores entre los meses de enero y marzo coincidiendo con las mayores precipitaciones que se dan en el lugar y julio es el mes con menores valores de humedad relativa coincidiendo con las menores precipitaciones.



**Cuadro N° 4.32: Humedad relativa media mensual**

Microcuenca	Humedad Relativa Media Mensual (%)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Chanquillo <sup>(1)</sup>	71.1	72.9	73.7	68.4	61.4	55.9	53.5	53.5	56.7	62.1	62.9	67.6
Auquín	71.0	72.9	73.6	68.4	61.4	55.8	53.5	53.5	56.7	62.1	62.9	67.6
Chancapata	70.7	72.5	73.3	68.0	61.1	55.6	53.3	53.3	56.4	61.8	62.6	67.3
Alta	70.5	72.4	73.1	67.9	60.9	55.4	53.1	53.1	56.3	61.6	62.4	67.1
Intermedia	71.6	73.5	74.2	68.9	61.9	56.3	53.9	54.0	57.2	62.6	63.4	68.1
Baja	72.0	73.9	74.6	69.3	62.2	56.6	54.2	54.3	57.5	62.9	63.8	68.5
Colectora	72.2	74.1	74.9	69.5	62.4	56.8	54.4	54.4	57.6	63.1	63.9	68.7

(1) Microcuenca de control

Fuente: Elaboración propia

#### 4. Evapotranspiración Potencial

Al no contarse con información referente a este parámetro climatológico se realizaron los cálculos de evapotranspiración potencial mediante fórmulas. La evapotranspiración potencial hallada es el resultado de promediar los resultados de dos métodos de cálculo de la evapotranspiración: Thornthwaite y de la FAO Penman-Monteith.

A continuación se muestra los valores de evapotranspiración potencial total media mensual en el área de estudio:

**Cuadro N° 4.33: Evapotranspiración potencial total media mensual**

Microcuenca	Evapotranspiración Potencial Total Media Mensual (mm)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Chanquillo <sup>(1)</sup>	62.0	54.2	58.3	58.3	61.9	60.1	64.0	68.5	67.6	68.4	66.2	64.7
Auquín	62.1	54.2	58.2	58.3	61.8	60.2	64.0	68.3	67.6	68.3	66.2	64.6
Chancapata	62.2	54.4	58.4	58.3	61.8	60.1	63.9	68.1	67.4	68.3	66.1	64.7
Alta	62.4	54.5	58.7	58.5	62.0	60.3	63.9	68.2	67.6	68.4	66.4	64.8
Intermedia	62.2	54.3	58.4	58.6	62.3	60.8	64.6	69.1	68.3	68.9	66.7	65.0
Baja	62.7	54.6	58.6	59.0	62.8	61.3	65.2	69.8	69.0	69.5	67.1	65.5
Colectora	62.8	54.8	58.7	59.2	63.2	61.6	65.7	70.2	69.4	69.9	67.4	65.6

(1) Microcuenca de control

Fuente: Elaboración propia

La mayor evapotranspiración potencial se presenta en el mes de agosto y la menor tasa de evapotranspiración se produce en el mes de febrero.



## 5. Horas de Sol

La mayor nubosidad se presenta entre los meses de diciembre y marzo coincidiendo con la época de lluvias. La mayor cantidad de horas de sol se da entre los meses de mayo y agosto.

**Cuadro N° 4.34: Horas de sol total media mensual**

Lugar	Horas de Sol Total Media Mensual (h)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Área de Estudio	128.9	105.2	119.3	156.0	209.8	216.4	228.2	231.8	198.8	177.1	167.2	138.1

Fuente: SENAMHI

Para el área de estudio la cantidad de horas sol anual en promedio se muestra en el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 4.35: Horas de sol total media anual**

Lugar	Horas de Sol Total Media Anual (h)
Área de Estudio	173.3

Fuente: SENAMHI

## 6. Velocidad y Dirección del Viento

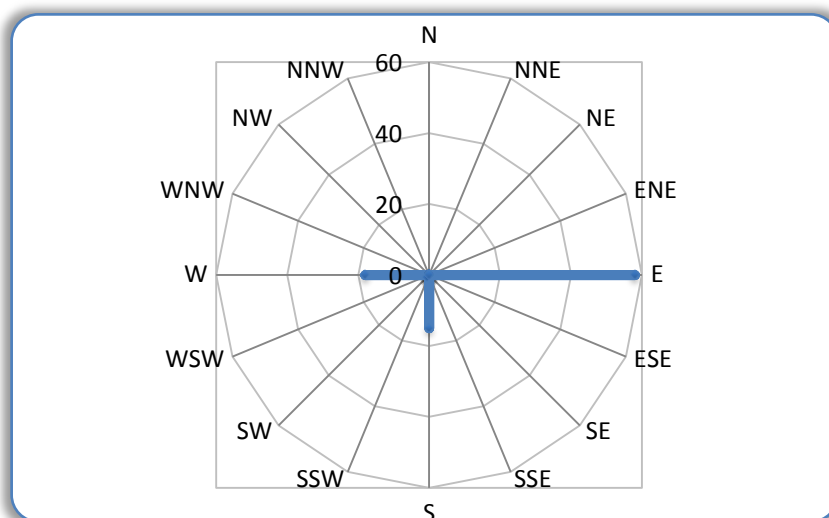
El viento es el movimiento en masa del aire en la atmósfera. Günter D. Roth lo define como la compensación de las diferencias de presión atmosférica entre dos puntos. Los vientos fuertes se asocian a menudo a una humedad relativa baja y los vientos ligeros son comunes con humedad relativa elevada.

**Cuadro N° 4.36: Velocidad del viento media mensual**

Lugar	Velocidad del Viento Total Media Mensual (m/s)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Chiptaj	4.2	3.9	3.8	4.3	4.2	4.4	4.3	4.2	4.2	4.3	4.3	4.2

Fuente: SENAMHI

**Figura N° 4.9:** Rosa de los vientos área de estudio



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.3.8 Generación de Caudales Medios

Uno de los principales parámetros en hidrología es el caudal, pero en el área de estudio o cerca de ella no existen estaciones hidrométricas, por lo que se han generado sintéticamente mediante la implementación del modelo Lutz Schölz. El modelo de generación de caudales ha sido calibrado con mediciones de caudal in situ, realizadas durante la visita de campo, de tal manera de asegurar la efectividad del modelo para predecir el comportamiento hidrométrico de las quebradas y/o ríos en estudio.

El modelo hidrológico de Lutz Schölz, ha sido estudiado y calibrado en 19 cuencas de la sierra peruana, ubicadas en las regiones de Cuzco, Huancavelica, Junín y Cajamarca, y es aplicable generalmente para pequeñas y medianas unidades hidrográficas con escasa información hidrométrica. Para el presente estudio ha sido seleccionado por que la zona de estudio tiene las características y condiciones para las cuales ha sido establecido el modelo. El modelo de precipitación – escorrentía de Lutz Schölz, fue propuesta por la Misión Técnica Alemana en 1980 para el Ex-Programa Nacional de Pequeñas y Medianas Irrigaciones – Plan Meris II.

El modelo hidrológico se basa fundamentalmente en el balance hídrico y en parámetros parciales de tipo determinístico. Este método permite combinar los factores que producen e influyen en los caudales, tales como, la precipitación, evaporación, el



almacenamiento y la función de agotamiento natural de la cuenca, para el cálculo de las descargas en forma de un modelo matemático.

El método es completo en su determinación final, vale decir analiza los acuíferos, los pantanos, los nevados, las lagunas, ríos, manantes, es decir todo el recurso hídrico que interviene en la cuenca, además de manera sustancial de la precipitación efectiva que cae en la cuenca.

Este modelo hidrológico, es combinado por que cuenta con una estructura determinística para el cálculo de los caudales mensuales para el año promedio (Balance Hídrico – Modelo determinístico); y una estructura estocástica para la generación de series extendidas de caudal (Proceso Markoviano – Modelo Estocástico). Los procedimientos que se han seguido en la implementación del modelo son:

- Cálculo de los parámetros necesarios para la descripción de los fenómenos de escorrentía promedio.
- Establecimiento de un conjunto de modelos parciales de los parámetros para el cálculo de caudales en cuencas sin información hidrométrica. En base a lo anterior se realiza el cálculo de los caudales necesarios.
- Calibración del modelo y generación de caudales extendidos por un proceso Markoviano combinado de precipitación efectiva del mes con el caudal del mes anterior.

Este modelo fue implementado con fines de pronosticar caudales a escala mensual, teniendo una utilización inicial en estudios de proyectos de riego y posteriormente extendiéndose el uso del mismo a estudios hidrológicos con prácticamente cualquier finalidad (abastecimiento de agua, hidroelectricidad etc.). Los resultados de la aplicación del modelo a las cuencas de la sierra peruana, han producido una correspondencia satisfactoria respecto a los valores medidos.

Se procedió a realizar los cálculos necesarios para el desarrollo de la metodología planteada anteriormente a fin de generar las descargas medias mensuales en las microcuencas Auquin y Chanquillo. Las series generadas se muestran en el Anexo B.1.



Se presenta a continuación los parámetros básicos utilizados para las microcuencas en estudio:

**Cuadro N° 4.37: Parámetros básicos modelo Lutz Schölz**

Microcuenca	Área <sup>(1)</sup> (km <sup>2</sup> )	Precipitación Total Media Anual (mm)	Duración de la Época Seca (días)	Coefficiente de Esguerrimiento
Chanquillo <sup>(1)</sup>	20.78	1189.2	153	0.45
Auquín	8.13	1193.3	153	0.45

(1) Microcuenca de control

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de descargas medias mensuales para los años promedio de las microcuencas en estudio se presentan en el Anexo B.1.

Seguidamente se realizó la regresión lineal múltiple entre el caudal del mes  $t$ , el caudal del mes anterior ( $t-1$ ) y la precipitación efectiva del mes  $t$ , obteniendo errores estándar y coeficientes de correlación aceptables. Luego se generaron Números Aleatorios Normal Estándar con media cero y desviación estándar igual a uno, para reemplazar en la componente estocástica del modelo hidrológico Determinístico – Estocástico Lutz Scholz.

El modelo hidrológico Determinístico – Estocástico Lutz Scholz, de las microcuencas en estudio se presenta a continuación:

$$Q_{i,j} = B_1 + B_2 * Q_{i,j-1} + B_3 * PE_{i,j} + S * \sqrt{1 - R^2} * Z_j$$

Los parámetros para las microcuencas en estudio se presentan en el siguiente cuadro.

**Cuadro N° 4.38: Parámetros para la generación de descargas**

Microcuenca	Parámetros				
	B1	B2	B3	S	R
Chanquillo <sup>(1)</sup>	18.4130	-0.0011	0.5975	0.9537	10.9250
Auquín	17.4841	-0.0035	0.6219	0.9615	10.3310

(1) Microcuenca de control

Fuente: Elaboración propia





Después de realizados los cálculos respectivos, se presentan en el Cuadro N° 4.39 los caudales medios mensuales generados para el periodo 1965 – 2010. Los caudales varían desde un mínimo en el mes de julio hasta un máximo en el mes de marzo. La microcuenca de control Chanquillo presenta un caudal medio generado de  $0.137 \text{ m}^3/\text{s}$  en el mes de julio y  $0.829 \text{ m}^3/\text{s}$  en el mes de marzo, mientras que la microcuenca Auquín presenta un caudal medio generado de  $0.052 \text{ m}^3/\text{s}$  en el mes de julio y  $0.334 \text{ m}^3/\text{s}$  en el mes de marzo.

En el Cuadro N° 4.40 se muestra el caudal medio anual, periodo simulado 1965 – 2010, para las microcuencas en estudio.

Los registros de caudales generados para el presente estudio fueron analizados con metodologías que faciliten su comprensión y utilización, como son la curva de frecuencias relativas de caudales y la curva de duración o de caudales clasificados.

A continuación se presenta el análisis de los caudales generados para las microcuencas en estudio.

### **1. Microcuenca de control Chanquillo**

De los resultados hallados mediante el método de Lutz Schölz se tiene que el mes con mayor caudal medio es el de marzo con  $0.829 \text{ m}^3/\text{s}$  y el mes con menor caudal es julio con  $0.137 \text{ m}^3/\text{s}$ . El periodo húmedo se produce entre diciembre y marzo, reduciéndose el caudal casi por completo para el periodo comprendido entre mayo y setiembre. Abril, octubre y noviembre se consideran como meses de transición.

La descarga máxima media llega al valor de  $1.569 \text{ m}^3/\text{s}$ , ocurrida en marzo, y la mínima media ocurre en agosto con  $0.096 \text{ m}^3/\text{s}$ . La descarga media anual para esta subcuenca de control es de  $0.371 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Las descargas relativas para 10, 50, 75 y 95% de persistencia se muestran en el cuadro siguiente así como también se presentan las curvas de frecuencias relativas y duración de caudales en las figuras siguientes.



**Cuadro N° 4.39: Caudales medios mensuales – Método de Lutz Schölz**

Microcuenca	Caudal Medio Mensual (m <sup>3</sup> /s)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Chanquillo <sup>(1)</sup>	0.625	0.758	0.829	0.315	0.149	0.143	0.137	0.142	0.171	0.340	0.372	0.473
Auquín	0.250	0.303	0.334	0.123	0.055	0.053	0.052	0.053	0.064	0.136	0.147	0.187

(1) Microcuenca de control  
Fuente: Elaboración propia

**Cuadro N° 4.40: Caudales medios anuales – Método de Lutz Schölz**

Microcuenca	Área (km <sup>2</sup> )	Altitud Media (msnm)	Precipitación Total Media Anual (mm)	Caudal Medio Anual (m <sup>3</sup> /s)	Rendimiento Medio Anual (l/s/km <sup>2</sup> )
Chanquillo <sup>(1)</sup>	20.78	4755.02	1189.2	0.371	17.85
Auquín	8.13	4762.33	1193.3	0.146	17.96

(1) Microcuenca de control  
Fuente: Elaboración propia

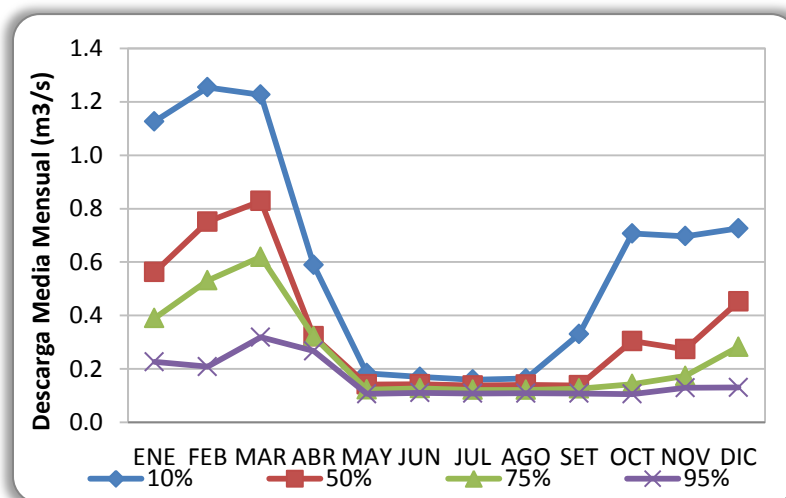


**Cuadro N° 4.41:** Frecuencia relativa de caudales ( $m^3/s$ ) en microcuenca de control Chanquillo

Prob	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom
10%	1.127	1.254	1.227	0.589	0.183	0.170	0.159	0.164	0.330	0.707	0.697	0.726	0.611
50%	0.562	0.751	0.829	0.322	0.141	0.142	0.138	0.140	0.138	0.304	0.274	0.452	0.349
75%	0.390	0.531	0.619	0.321	0.122	0.127	0.121	0.121	0.126	0.143	0.173	0.282	0.256
95%	0.226	0.208	0.319	0.267	0.106	0.110	0.108	0.108	0.108	0.106	0.129	0.130	0.160

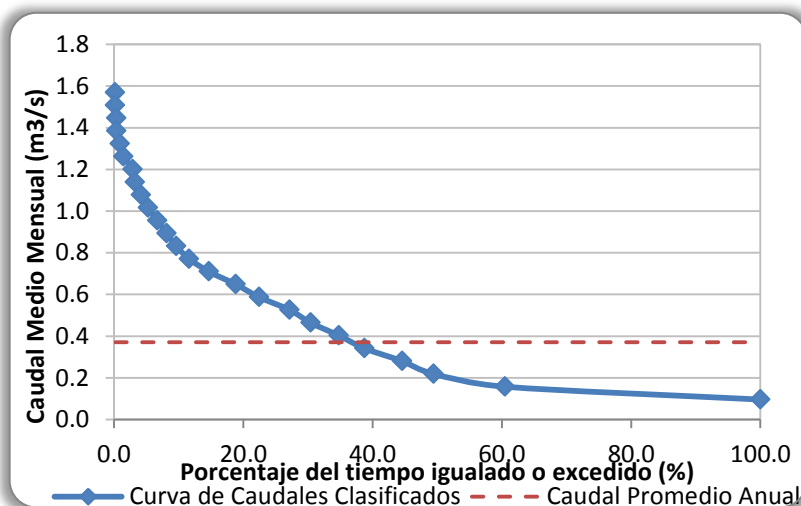
Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 4.10:** Curva de frecuencias relativas microcuenca de control Chanquillo



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 4.11:** Curva duración de caudales microcuenca de control Chanquillo



Fuente: Elaboración propia

## 2. Microcuenca Auquín

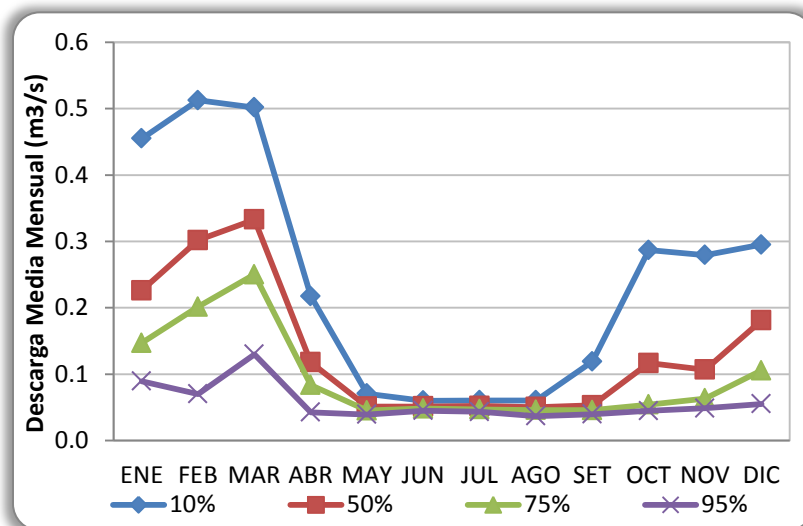
De los resultados hallados mediante el método de Lutz Schölz se tiene que el mes con mayor caudal medio es el de marzo con  $0.334 \text{ m}^3/\text{s}$  y el mes con menor caudal es julio con  $0.052 \text{ m}^3/\text{s}$ . El periodo húmedo se produce entre diciembre y marzo, reduciéndose el caudal casi por completo para el periodo comprendido entre mayo y setiembre. Abril, octubre y noviembre se consideran como meses de transición. La descarga máxima media llega al valor de  $0.643 \text{ m}^3/\text{s}$ , ocurrida en marzo, y la mínima media ocurre en agosto con  $0.036 \text{ m}^3/\text{s}$ . La descarga media anual para esta subcuenca de control es de  $0.146 \text{ m}^3/\text{s}$ .

**Cuadro N° 4.42:** Frecuencia relativa de caudales ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) en microcuenca de control Auquín

Prob	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom
10%	0.455	0.513	0.502	0.218	0.071	0.060	0.060	0.061	0.119	0.287	0.280	0.295	0.243
50%	0.226	0.302	0.333	0.118	0.051	0.051	0.052	0.050	0.053	0.117	0.107	0.181	0.137
75%	0.147	0.201	0.250	0.084	0.045	0.048	0.047	0.046	0.046	0.054	0.063	0.106	0.095
95%	0.089	0.070	0.130	0.043	0.039	0.045	0.043	0.037	0.040	0.045	0.049	0.055	0.057

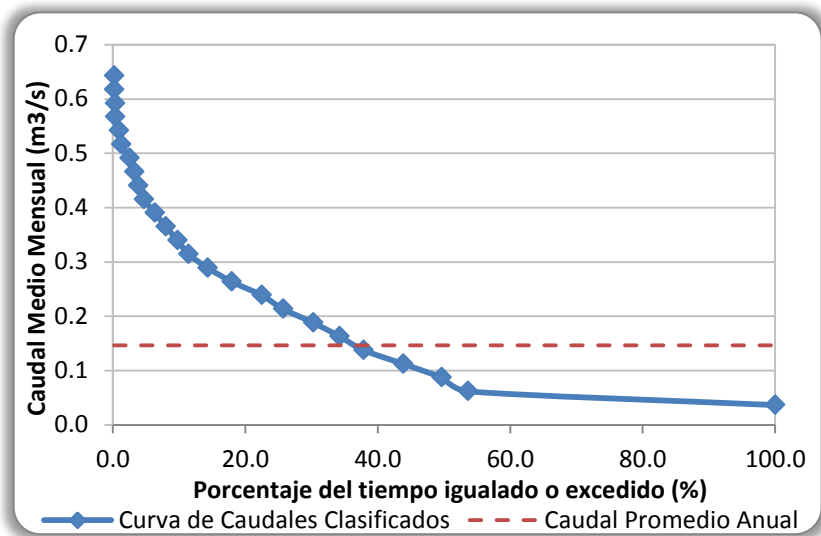
Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 4.12:** Curva de frecuencias relativas microcuenca Auquín



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 4.13:** Curva duración de caudales microcuencia Auquín



Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.3.9 Generación de Caudales Máximos

##### 1. Precipitación de Diseño

Haciendo uso de las precipitaciones máximas en 24 horas que fueron tratadas, corregidas y extendidas, como se vio anteriormente, se procede a analizarlas desde el punto de vista probabilístico para determinar las precipitaciones asociadas a diversos periodos de retorno.

En Hidrología, para representar las variables hidrológicas se requiere de modelos probabilísticos. Para ello, es necesaria la selección del modelo más adecuado, lo que consiste en elegir el tipo de modelo y estimar sus parámetros. Los modelos así obtenidos nos permiten la estimación de variables hidrológicas asociadas a diferentes probabilidades. En el presente estudio se analizaron las distribuciones Lognormal de 2 parámetros, Gumbel, Log Gumbel y Gamma de 2 y 3 parámetros. Para hallar la distribución que mejor se asemeja a los datos que tenemos se utilizó la prueba de ajuste de Smirnov – Kolmogorov.

Para realizar estos análisis se utilizó el software estadístico – hidrológico Hidroesta desarrollado por Maxsoft y se dieron los siguientes resultados:



**Cuadro N° 4.43: Resultados Análisis Probabilístico**

Lugar	Log Normal 2 Parámetros		Gamma de 2 Parámetros		Gamma de 3 Parámetros		Gumbel		Log Gumbel	
	Parámetros Ordinarios	Momentos Lineales	Parámetros Ordinarios	Momentos Lineales	Parámetros Ordinarios	Momentos Lineales	Parámetros Ordinarios	Momentos Lineales	Parámetros Ordinarios	Momentos Lineales
Chanquillo <sup>(1)</sup>	0.0867	0.0871	0.0755	0.1245	-	<b>0.0721</b>	<b>0.1116</b>	0.1060	0.1451	0.1503

(1) Cuenca de control

Fuente: Elaboración Propia

Se elige la distribución Gamma de 3 parámetros, calculada con momentos lineales, por ser el de menor delta calculado. Se entiende que al provenir los valores regionalizados de las demás microcuencas, de la misma estación al de la microcuenca Chanquillo la mejor distribución probabilística es la misma.

## 2. Precipitaciones Máximas en 24 Horas para Diversos Tiempos de Retorno

Una vez dilucidado la distribución a usar se procedió a calcular las precipitaciones máximas en 24h que se presentaran para diversos tiempos de retorno para las distintas microcuencas de estudio, las cuales se muestran a continuación:

**Cuadro N° 4.44: Precipitaciones Máximas en 24h (mm) Para Diversos Tiempos de Retorno**

Tiempo de Retorno	Microcuenca						
	Chanquillo	Alta	Chancapata	Intermedia	Auquin	Baja	Colectora
1	21.04	22.02	21.68	20.05	21.10	19.36	19.01
2	30.56	31.99	31.49	29.13	30.65	28.12	27.61
5	36.09	37.78	37.18	34.40	36.19	33.21	32.60
10	39.18	41.01	40.36	37.34	39.29	36.05	35.40
20	41.84	43.80	43.10	39.87	41.96	38.50	37.80
25	42.63	44.63	43.92	40.63	42.75	39.23	38.51
50	44.94	47.05	46.30	42.84	45.07	41.36	40.61
75	46.21	48.38	47.61	44.05	46.34	42.52	41.75
100	47.08	49.29	48.51	44.87	47.22	43.32	42.54
200	49.08	51.38	50.56	46.78	49.22	45.16	44.34
500	51.54	53.96	53.11	49.13	51.69	47.43	46.57
1000	53.29	55.78	54.90	50.79	53.44	49.03	48.14

Fuente: Elaboración Propia



### 3. Hietograma de Diseño

En los métodos de diseño en hidrología debe existir la consideración sobre la distribución temporal de la precipitación, el hietograma; Debido a que no se cuentan con datos de tormentas en la zona, es necesario generar los hietogramas de diseño. Para generar los hietogramas se procedió a distribuir temporalmente la lluvia, luego se crearon las curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) y finalmente se crearon los hietogramas de diseño mediante el método del bloque alterno.

#### a. Distribución Temporal de la Lluvia

El método elegido se desarrolla a partir de los datos del Estudio de la Hidrología del Perú realizado en 1983 por el convenio IILA – UNI - SENAHMI. Este método es recomendado en el Reglamento Nacional de Edificaciones.

Para estimar las precipitaciones máximas e intensidades se hace uso de las siguientes fórmulas propuestas por dicho estudio:

$$h_{t,T} = a \cdot 1 + K' \cdot \text{Log} T * t^n$$

$$i_{t,T} = a \cdot 1 + K' \cdot \text{Log} T * t^{n-1} \quad \text{Válido para } 3h < t \leq 24h$$

$$i_{t,T} = a \cdot 1 + K' \cdot \text{Log} T * t + b \cdot n^{-1} \quad \text{Válido para } t < 3h$$

Dónde:

$h_{t,T}$  : Precipitación Máxima para un determinado periodo de retorno T y una duración t

$i_{t,T}$  : Intensidad de la lluvia para un determinado periodo de retorno T y una duración t

K : Parámetro de frecuencia (adimensional)

a : Parámetro de intensidad (mm)

n : Parámetro de duración (adimensional)

b : Parámetro de hora (adimensional)

Este método divide el territorio nacional en zonas y subzonas pluviométricas las cuales poseen características afines, nuestra cuenca en estudio se encuentra



completamente en la zona pluviométrica 5a sub zona 5a<sub>5</sub>, de acuerdo al plano 2 del anexo C del estudio en mención.

**Cuadro N° 4.45: Parámetros del Análisis Hidrológico IILA**

Microcuenca	Zona	Subzona	K'	a	n	b
Chanquillo	5a	5a <sub>5</sub>	0.662	12.141	0.303	0.500
Colectora	5a	5a <sub>5</sub>	0.701	11.357	0.303	0.500
Alta	5a	5a <sub>5</sub>	0.645	12.508	0.303	0.500
Chancapata	5a	5a <sub>5</sub>	0.651	12.379	0.303	0.500
Intermedia	5a	5a <sub>5</sub>	0.680	11.765	0.303	0.500
Auquin	5a	5a <sub>5</sub>	0.661	12.163	0.303	0.500
Baja	5a	5a <sub>5</sub>	0.694	11.496	0.303	0.500

Fuente: Elaboración Propia

Aprovechando las formulas del estudio IILA-SENAHMI-UNI para la distribución temporal de la lluvia, se relacionan con las precipitaciones máximas en 24h halladas para cada microcuenca de tal manera que podamos hallar la distribución temporal de la lluvia para periodos de una (1) hora.

Las fórmulas utilizadas se presentan a continuación:

$$I_{t,T} = \frac{P_{24} t^{n-1}}{t_g^n} \quad \text{Válido para } 3 < t < 24h$$

$$I_{t,T} = \frac{P_{24} t+b^{n-1}}{t_{g+b}^n} \quad \text{Válido para } t < 3h$$

#### **b. Curva de Intensidad-Duración-Frecuencia**

Es una curva que involucra una relación entre la intensidad de la lluvia, la duración y las frecuencias o periodos de retorno apropiados. La duración se ubica en el eje horizontal y la intensidad en el eje vertical, mostrando una serie de curvas, para cada uno de los periodos de retorno de diseño.

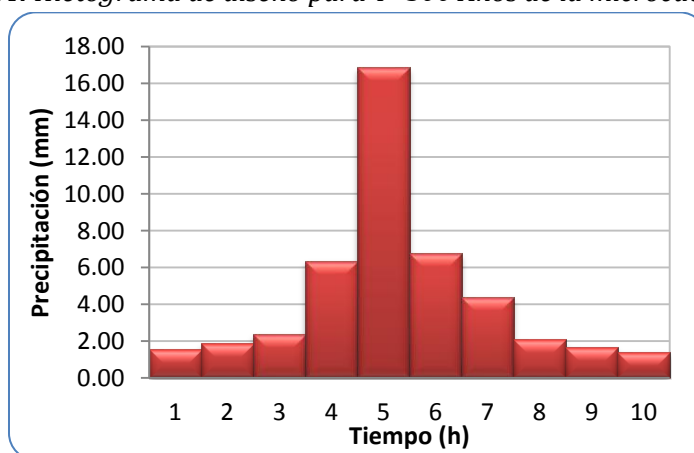
Con los datos de la distribución temporal se construyeron las curvas IDF para cada microcuenca, las cuales se presentan en el Anexo B.1.



### c. Hietograma de Diseño – Método del Bloque Alterno

A partir de las curvas IDF se desarrollan los hietogramas de diseño utilizando el método del Bloque Alterno el cual especifica la profundidad de precipitación que ocurre en  $n$  intervalos de tiempo sucesivos de duración  $\Delta t$  sobre una duración total de  $T_d = n\Delta t$ . Después de seleccionar el periodo de retorno de diseño, la intensidad es leída en una curva IDF para cada una de las duraciones y la profundidad de precipitación correspondiente se encuentra al multiplicar la intensidad y la duración. Tomando diferencias entre valores sucesivos de profundidad de precipitación, se encuentra la cantidad de precipitación que debe añadirse por cada unidad adicional de tiempo. Estos incrementos o bloques se ordenan de modo que la intensidad máxima ocurra en el centro de la duración requerida y que los demás bloques queden en forma descendente alternativamente hacia la derecha y hacia la izquierda del bloque central para formar el hietograma de diseño.

**Figura N° 4.14:** Hietograma de diseño para  $T=500$  Años de la microcuenca Chanquillo

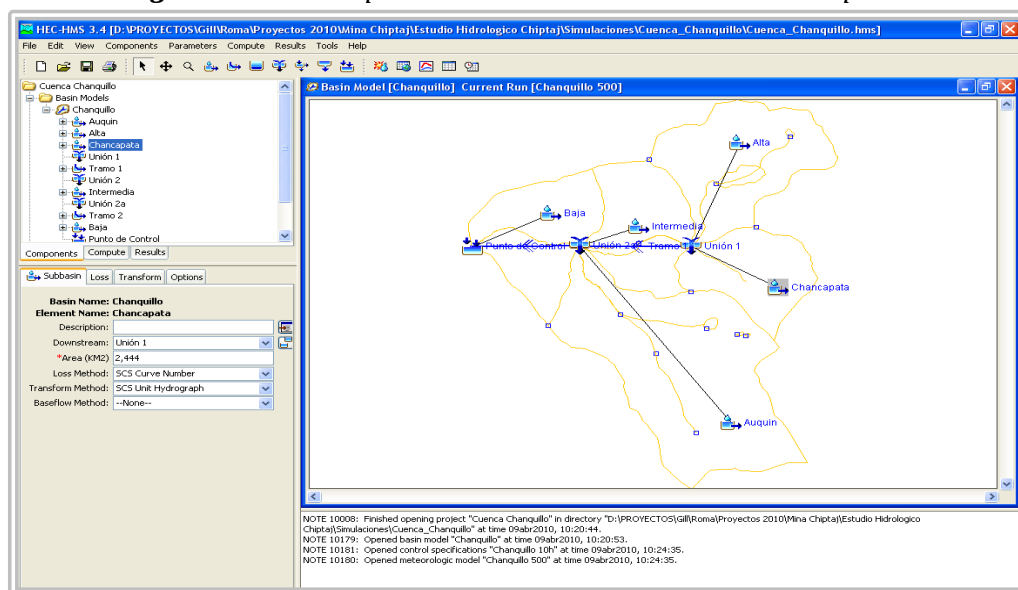


Fuente: Elaboración Propia

## 4. Modelamiento Hidrológico Computacional

Para efectuar este método se utilizó el software HEC-HMS (Hydrologic Modeling System) el cual puede simular la respuesta que tendrá la cuenca de un río en su escurrimiento superficial, como producto de una precipitación, mediante la representación de la cuenca como un sistema interconectado de componentes hidrológicos e hidráulicos. Para tales fines se utilizó la versión 3.4 del HEC – HMS.

**Figura N° 4.15:** Esquematación de la Microcuenca Chanquillo



Fuente: Elaboración Propia

Las fases de cálculo que realiza el HEC-HMS son las siguientes:

#### a. Separación de la Precipitación Neta o Efectiva (Loss Method)

Calcula que parte de la precipitación caída va a generar escorrentía directa, el cual es el resultado de descontar de la precipitación, el agua interceptada por la vegetación, infiltrada en el suelo, almacenada en la superficie del mismo, evaporada desde diferentes superficies o transpirada a través de las plantas. Para esto HEC-HMS usa los modelos:

- ✓ Deficit and Constant (Modelo de Déficit Constante);
- ✓ Exponential (Modelo Exponencial);
- ✓ Green and Ampt (Modelo de Green & Ampt);
- ✓ Gridded Deficit Constant (Modelo de Déficit Constante Asociado a Celdas);
- ✓ Gridded SCS Curve Number (Modelo de Numero de Curva Asociado a Celdas);
- ✓ Gridded Soil Moisture Accounting (Modelo SMA Asociado a Celdas);
- ✓ Initial and Constant (Modelo de Pérdidas Iniciales y Constantes);
- ✓ SCS Curve Number (Modelo del Numero de Curva del SCS);
- ✓ Smith Parlange (Modelo de Smith Parlange);
- ✓ Soil Moisture Accounting (Modelo SMA).



### ➤ MODELO DEL NÚMERO DE CURVA DEL SCS

El Soil Conservation Service (1972) desarrollo un método para calcular la escorrentía directa de una precipitación. Para la lluvia como un todo, la profundidad de exceso de precipitación o escorrentía directa  $P_e$  es siempre menor o igual a la profundidad de precipitación  $P$ ; de manera similar, después de que la escorrentía se inicia, la profundidad adicional del agua retenida  $F_a$  es menor o igual a alguna retención potencial máxima  $S$ . Existe una cierta cantidad de precipitación  $I_a$  (abstracción inicial antes del encharcamiento) para la cual no ocurrirá escorrentía, luego la escorrentía potencial es  $P - I_a$ . La hipótesis del método del SCS consiste en que las relaciones de las dos cantidades reales y las dos cantidades potenciales son iguales, encontrándose la siguiente relación para  $P_e$ :

$$P_e = \frac{P - I_a}{P - I_a + S}^2$$

La cual es la ecuación básica para el cálculo de la profundidad de exceso de precipitación o escorrentía directa. La SCS al estudiar los resultados obtenidos para muchas cuencas experimentales desarrollo la siguiente relación empírica.

$$I_a = 0.2S$$

Quedando finalmente:

$$P_e = \frac{P - 0.2S}{P + 0.8S}^2$$

Al representar en graficas la información de  $P$  y  $P_e$ , se encontró la necesidad de estandarizarlas mediante un número adimensional llamado Número de Curva (CN), el cual se relación con  $S$  de la siguiente manera:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$



Los valores de CN fueron sacados de tablas para un tipo de suelo hidrológico D y para una condición de humedad antecedente AMC-III.

#### **b. Transformación Precipitación Neta a Escorrentía Directa (Transform Method)**

La parte más importante del modelo de simulación del HEC-HMS lo constituyen los modelos para calcular la escorrentía directa producida por la precipitación neta, para esto usa los modelos:

- ✓ Clark Unit Hydrograph (Hidrograma Unitario Sintético de Clark);
- ✓ Kinematic Wave (Modelo de la Onda Cinemática);
- ✓ Mod Clark (Hidrograma de Clark Modificado);
- ✓ SCS Unit Hydrograph (Hidrograma Unitario Sintético del SCS);
- ✓ Snyder Unit Hydrograph (Hidrograma Unitario Sintético de Snyder).

Para la presente tesis se usó el hidrograma unitario del SCS que se describe a continuación:

#### **➤ HIDROGRAMA UNITARIO SINTETICO DEL SCS**

Es un hidrograma unitario sintético en el que expresamos el caudal dividido entre el caudal punta generado en la cuenca de estudio  $q_p$ , en función del tiempo entre el tiempo al pico  $T_p$ . Se trata de calcular el valor del tiempo al pico y el caudal punta de la cuenca y buscar los valores de caudal y tiempo basándonos en los valores del hidrograma adimensional SCS.

Analizando un gran número de hidrogramas se encontró que:

$$q_p = 0.75 \frac{Q}{T_p}$$

Introduciendo el área de aporte en  $\text{km}^2$ , de manera de llevar el valor puntual a un valor representativo para toda la cuenca, el escurrimiento directo en mm, el tiempo pico en horas, el caudal de punta queda expresado en  $\text{m}^3/\text{s}$ , de la siguiente forma:



$$q_p = 0.208 \frac{AQ}{T_p}$$

El periodo de elevación puede estimarse a partir del tiempo de concentración, según la relación empírica:

$$T_p = 0.6 t_c$$

### c. Tránsito de Caudales

El discurrir del caudal a lo largo de un cauce o a través de un embalse da lugar a un nuevo hidrograma; el HEC-HMS permite por medio de varios modelos, representar la transformación que experimenta un hidrograma entre los puntos inicial y final de un tramo de un cauce, los modelos que usa son los siguientes:

- ✓ Kinematic Wave (Modelo de Onda Cinemática);
- ✓ Lag (Modelo de Retardamiento);
- ✓ Modified Puls (Modelo de Puls Modificado);
- ✓ Muskingum (Modelo de Muskingum);
- ✓ Muskingum – Cunge (Modelo de Muskingum – Cunge);
- ✓ Straddle Tagger (Modelo de Straddle Staggar).

Para nuestro caso se usó Modelo de Muskingum - Cunge.

La aplicación permite modelar varias microcuencas, calculando para cada una de ellas las dos primeras fases y calcula la tercera fase para cada tránsito a lo largo de un cauce. Al final suma todos los caudales generados y transitados a lo largo del recorrido y proporciona los resultados del hidrograma en la salida de la cuenca.

### d. Resultados

A continuación se presentan los resultados del modelamiento hidrológico realizado para el cálculo del caudal máximo.

**Cuadro N° 4.46: Resultados HEC-HMS**

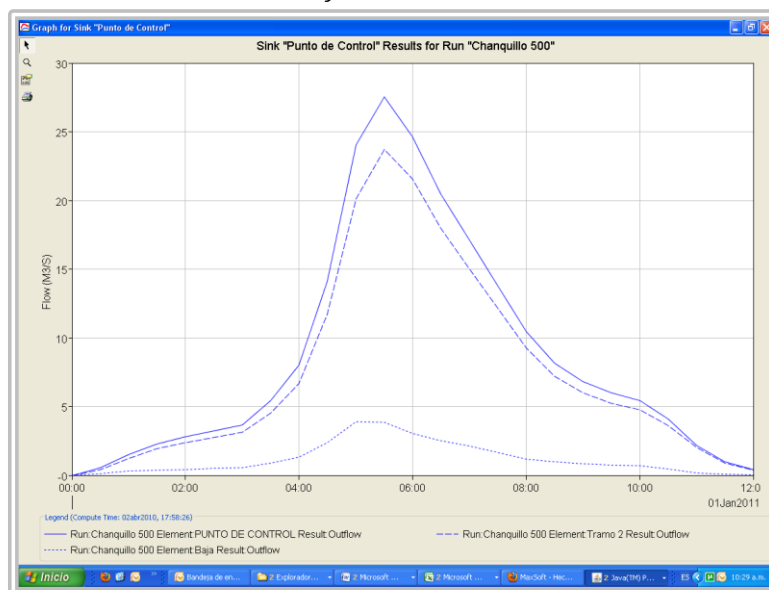
Microcuenca	$Q_{100}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{200}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{500}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{1000}$ (m <sup>3</sup> /s)
Chanquillo <sup>(1)</sup>	23.813	25.445	27.524	29.024
Alta	5.346	5.699	6.164	6.503
Chancapata	3.894	4.176	4.536	4.796
Intermedia	3.500	3.727	4.018	4.237
Auquin	9.513	10.160	10.981	11.579
Baja	3.441	3.650	3.920	4.123
Colectora	0.120	0.127	0.136	0.142

(1) Microcuenca de Control

Fuente: Elaboración Propia

Como podemos observar en el cuadro anterior los caudales para el canal de coronación (colectora) son pequeños correspondiéndole un caudal de diseño de 136 l/s.

**Figura N° 4.16: Resultados Gráficos de Caudales Máximos PC, T=500 Años**



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.3.10 Balance Hídrico

El estudio del balance hídrico en hidrología se basa en la aplicación del principio de conservación de masas, también conocido por nosotros como ecuación de la continuidad. Esta establece que, para cualquier volumen arbitrario y durante cualquier período de tiempo, la diferencia entre las entradas y salidas estará condicionada por la variación del volumen de agua almacenada.



En general, la técnica del balance hídrico implica mediciones de ambos aspectos, almacenamientos y flujos del agua; sin embargo, algunas mediciones se eliminan en función del volumen y período de tiempo utilizados para el cálculo del balance.

La ecuación del balance hídrico, para cualquier zona o cuenca natural (tal como la cuenca de un río) o cualquier masa de agua, indica los valores relativos de entrada y salida de flujo y la variación del volumen de agua almacenada en la zona o masa de agua. En general, las entradas en la ecuación del balance hídrico comprenden la precipitación ( $P$ ), en forma de lluvia o nieve, realmente recibida en la superficie del suelo, y las aguas superficiales y subterráneas recibidas dentro de la cuenca o masa de agua desde fuera ( $E_{si}$  y  $E_{ui}$ ). Las salidas en la ecuación incluyen la evaporación desde la superficie de la masa de agua ( $ETR$ ) y la salida de corrientes de agua superficial y subterránea desde la cuenca o masa de agua considerada ( $E_{so}$  y  $E_{uo}$ ). Cuando las entradas superan a las salidas el volumen de agua almacenada ( $\Delta S$ ) aumenta y cuando ocurre lo contrario disminuye.

Por tanto, el balance hídrico para cualquier masa de agua y cualquier intervalo de tiempo, en su forma más general, vendrá representado por la siguiente ecuación:

$$P + E_{si} + E_{ui} - ETR - E_{so} - E_{uo} - \Delta S = 0$$

El objetivo del presente balance es el de cuantificar las infiltraciones que se presentarán en el área de estudio. La infiltración puede ser superficial y/o profunda dependiendo de los materiales que conformen el terreno natural. Al no existir cuerpos de agua grandes tales como lagunas el volumen de agua almacenada ( $\Delta S$ ) es igual a la infiltración, tanto subsuperficial como profunda. El valor de  $E_{ui}$  y  $E_{uo}$  se considera despreciable por ser muy pequeño y muy difícil de estimar. Para el caso del balance mensual se consideró la retención del suelo subsuperficial igual al valor calculado en la metodología de Lutz Schölz.

Finalmente la ecuación del balance hídrico para el presente proyecto queda de la siguiente manera:



$$P = I + ETR + E_{so} - E_{si} \pm \Delta S_t$$

Dónde:

- P : Precipitación mensual en mm/mes  
I : Infiltración mensual en mm/mes  
ETR : Evapotranspiración real mensual en mm/mes  
E<sub>si</sub> : Ecurrimiento de ingreso mensual en mm/mes  
E<sub>so</sub> : Ecurrimiento de salida mensual en mm/mes  
ΔS<sub>t</sub> : Almacenamiento total mensual en mm/mes

El balance hídrico se analizó para tres escenarios climáticos: año promedio, año seco y año húmedo.

### 1. Precipitación de Diseño

Se procedió a realizar un análisis de los valores de precipitación total mensual hallados anteriormente para poder clasificarlos a través de su magnitud para lo cual se ha adoptado el siguiente criterio:

- Se clasifican como años secos a aquellos cuya precipitación total anual tiene una probabilidad de excedencia superior al 80%.
- Se clasifican como años húmedos a aquellos cuya precipitación total anual tiene una probabilidad de excedencia inferior al 20%.
- Se clasifican como años normales a aquellos cuya precipitación total anual tiene una probabilidad de excedencia que varía entre el 20 y el 80%.

Los valores de la probabilidad de excedencia de la precipitación regionalizada fueron estimados utilizando la fórmula de Weibull, obteniéndose las probabilidades de excedencia, al 20%, 50% y 80%. Esta fórmula tiene la siguiente expresión:





$$P = \frac{m}{1 + N} * 100$$

Dónde:

P : Probabilidad de excedencia

m : Número de orden

N : Número total del registro

A continuación se presentan los resultados para la zona de estudio, cada una de ellas para los tres escenarios hidrológicos planteados anteriormente. Los análisis de probabilidad para cada microcuenca se presentan en el Anexo B.1.

**Cuadro N° 4.47: Precipitación tres escenarios hidrológicos**

Año Hidrológico	Precipitación Total Media Mensual (mm)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>Microcuenca Chanquillo<sup>(1)</sup></b>												
Año Seco	115.0	132.6	163.3	69.4	7.3	3.6	0.0	5.1	26.9	53.0	66.2	90.4
Año Promedio	162.9	184.3	217.6	101.3	37.9	11.4	5.5	16.6	45.9	104.3	98.8	137.4
Año Húmedo	233.7	245.3	268.8	122.7	65.8	33.1	21.9	49.5	68.7	151.8	165.6	184.9
<b>Microcuenca Auquín</b>												
Año Seco	115.4	133.1	163.9	69.6	7.3	3.6	0.0	5.1	27.0	53.2	66.5	90.7
Año Promedio	163.4	184.9	218.4	101.7	38.0	11.4	5.5	16.7	46.1	104.7	99.1	137.9
Año Húmedo	234.5	246.1	269.7	123.1	66.1	33.2	22.0	49.7	68.9	152.3	166.2	185.5

(1) Microcuenca de control

Fuente: Elaboración propia

## 2. Evapotranspiración Real

Este método requiere calcular primeramente la evapotranspiración de cultivo por medio de la siguiente fórmula:

$$ET_c = K_c * ETP$$

Dónde:

ET<sub>c</sub> : Evapotranspiración de cultivo en mm/año

K<sub>c</sub> : Coeficiente de cultivo

ETP : Evapotranspiración potencial en mm/año



$K_c$ , es un factor de cultivo o de cobertura vegetal sobre la cuenca y su valor puede oscilar entre 0.65, para zonas desnudas, y 1.0 para zonas completamente cubiertas de vegetales.

En este caso, la zona de estudio tiene una cobertura vegetal media, por lo que asumimos que  $K_c$  tiene un valor de 0.75.

La evapotranspiración real (ETR) es el total o una fracción de la evapotranspiración de cultivo (ET<sub>c</sub>), según corresponda, dependiendo de la disponibilidad de agua en el suelo. Se presentan a continuación los valores de la evapotranspiración de cultivo mensual, estimada para cada micro cuenca en estudio.

**Cuadro N° 4.48:** Evapotranspiración de cultivo total media mensual en el área de estudio

Microcuenca	Evapotranspiración de Cultivo Total Media Mensual (mm)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Chanquillo <sup>(1)</sup>	46.5	40.6	43.7	43.7	46.5	45.1	48.0	51.3	50.7	51.3	49.6	48.5
Auquín	46.5	40.7	43.7	43.7	46.4	45.1	48.0	51.3	50.7	51.2	49.7	48.5

(1) Microcuenca de control  
Fuente: Elaboración propia

### 3. Escorrentía

El escurrimiento ha sido calculado adaptando el concepto de la precipitación efectiva hidrológica. Se calcularon las precipitaciones efectivas de las precipitaciones medias.

**Cuadro N° 4.49:** Precipitación tres escenarios hidrológicos

Año Hidrológico	Precipitación Total Media Mensual (mm)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Microcuenca Chanquillo <sup>(1)</sup>												
Año Seco	52.3	70.6	101.3	14.8	1.4	0.7	0.0	1.0	3.7	8.3	13.3	29.3
Año Promedio	86.0	107.4	140.7	30.9	5.3	1.8	1.0	2.5	6.8	33.0	29.1	61.3
Año Húmedo	146.6	158.2	181.7	39.2	9.4	3.3	2.2	5.7	10.3	64.7	78.5	97.8
Microcuenca Auquín												
Año Seco	52.6	71.0	101.8	14.7	1.4	0.7	0.0	1.0	3.7	8.1	13.2	29.5
Año Promedio	86.3	107.8	141.3	31.0	5.3	1.8	0.9	2.5	6.7	33.1	29.2	61.5
Año Húmedo	147.2	158.8	182.4	39.3	9.5	3.3	2.2	5.6	10.2	65.0	78.9	98.2

(1) Microcuenca de control  
Fuente: Elaboración propia



#### 4. Balance Hídrico

El balance hídrico se desarrolló siguiendo las siguientes consideraciones:

- Si la evapotranspiración de cultivo calculada es mayor que la suma de la precipitación no efectiva y el almacenamiento, entonces el valor de la ETR es igual a la suma de la precipitación no efectiva total mensual y el almacenamiento subsuperficial mensual.
- Si la suposición anterior ocurre la infiltración profunda que se genera en la cuenca será nula.
- Si la precipitación menos la escorrentía es mayor que la evapotranspiración de cultivo se tiene un exceso, el cual se almacenará en el suelo subsuperficial hasta saturarlo completamente.
- Después de saturar el suelo si existe exceso este se transforma en infiltración profunda o recarga del agua subterránea.
- La escorrentía calculada está directamente ligada a los procesos de precipitación, por lo que no representan el caudal real que fue calculado en el Capítulo VI el cual también considera los abastecimientos por retención.
- Se considera el almacenamiento máximo para este tipo de suelos igual al calculado con la metodología de Lutz Schölz.

Los balances completos para cada micro cuenca se presentan en el Anexo B.1. Siguiendo las consideraciones anteriores se llegó a los siguientes resultados:

##### a. Microcuenca de Control Chanquillo

Para el año seco la ETR representa el 59.5% de la precipitación, la escorrentía el 40.5% y la infiltración profunda el 0.0%. Para el año promedio la ETR es igual al 48.0% de la precipitación, la escorrentía al 45.0% y la infiltración profunda es el 7.0%.



Finalmente para el año húmedo la ETR es el 35.1% de la precipitación, la escorrentía es el 49.5% y la infiltración profunda es el 15.4%.

#### **b. Microcuenca Auquín**

Para el año seco la ETR representa el 59.5% de la precipitación, la escorrentía el 40.5% y la infiltración profunda el 0.0%. Para el año promedio la ETR es igual al 48.0% de la precipitación, la escorrentía al 45.0% y la infiltración profunda es el 7.0%. Finalmente para el año húmedo la ETR es el 35.1% de la precipitación, la escorrentía es el 49.5% y la infiltración profunda es el 15.4%.

### **4.2.4 CALIDAD DEL AGUA**

La calidad de agua superficial es uno de los componentes más importantes para el diagnóstico de las condiciones de base de los recursos hídricos, toda vez que su uso puede limitarse como consecuencia de elevadas concentraciones contaminantes que se encuentran por encima de los valores límite de los parámetros considerados en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (D.S. N° 002-2008-MINAM).

#### **4.2.4.1 Metodología de Muestreo**

La metodología empleada para el muestreo se basó en las técnicas establecidas y reguladas en el Protocolo de Monitoreo de Calidad del Agua del Sub-sector Minería. El trabajo de campo ha requerido una visita de inspección previa del área de estudio, con el propósito de definir e identificar los puntos de monitoreo que se han tomado como línea de base.

- **Quality Assurance (QA) / Quality Control (QC):** El QA o *Aseguramiento de la Calidad* y el QC o *Control de Calidad*, como bien sabemos, está referida a la metodología y procedimientos empleados para garantizar la calidad de la toma y de los resultados del análisis de las muestras medio ambientales, que incluye las reglas procedimientos para cuándo, dónde y cómo han sido tomadas las muestras, su almacenamiento, su preservación, su transporte, etc., y cuidados y controles durante el análisis de las muestras medioambientales aplicados en el Laboratorio.



- **Monitoreo:** En la ejecución del monitoreo para la obtención y toma de las muestras a ser analizadas, participaron profesionales del Laboratorio CIMM PERU S.A., a indicación, presencia y supervisión del consultor especialista en medio ambiente, de acuerdo a los métodos de muestreo establecidos en los protocolos de monitoreo de calidad de agua del Sub-sector Minería del Ministerio de Energía y Minas y que es corroborado en los Certificados de Ensayes del Laboratorio.
- **Recipientes:** En la recolección y toma de muestras se emplean frascos debida y cuidadosamente lavados y tratados para evitar contaminación, que luego son rotulados con una etiqueta, siguiendo las instrucciones del Protocolo de Identificación de Muestras.
- **Preservación y Almacenamiento:** Una vez tomadas las muestras, éstas son preservadas y almacenadas, siguiendo las instrucciones establecidas en el Procedimiento de Conservación y Almacenamiento de Muestras, que ha sido elaborado teniendo como referencia a la norma APHA 98, y al Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua para el Sub-sector Minería del Ministerio de Energía y Minas. Para la Preservación de las muestras se usa:
  - ✓ Refrigerante, para las de análisis físico.
  - ✓ NaOH, para las de análisis de cianuro total.
  - ✓ HNO<sub>3</sub>, para las de análisis de metales pesados.
- **Registros de Campo:** Todos los datos de campo son registrados en el Acta de Monitoreo, la cual lleva el nombre y firma del consultor especialista en medio ambiente.
- **Calibración de Equipos:** Todos los equipos que son llevados al campo son calibrados por un profesional del laboratorio antes indicado, los mismos que poseen sus certificados de calibración actualizados; siendo adicionalmente calibrados cada vez que salen al campo, siguiendo las instrucciones de las cartillas que posee cada equipo; cada equipo se vuelve a calibrar “in situ”, para asegurar la calidad de la toma de la muestra y por consiguiente, los resultados.



➤ **Análisis y Reporte de Laboratorio:** La metodología aplicada en la determinación analítica cuantitativa en el laboratorio está regulada por la Norma de Referencia APHA 98; cada Informe de Ensayo contiene información específica referida a:

- ✓ Unidad de Medida, para cada parámetro analizado.
- ✓ Límite de detección.
- ✓ Norma de Referencia APHA 98, para cada parámetro analizado.

#### 4.2.4.2 Selección de Puntos de Monitoreo en Cuerpos Receptores

##### 1. Época de Avenida

Se llevó a cabo un monitoreo en época de lluvia mediante el muestreo de seis (06) estaciones de monitoreo, tomando como referencia el área de exploración y zonas adyacentes al proyecto. El muestreo se realizó en el mes de marzo del año 2010. Ver Anexo B.4, Plano de Monitoreo de Calidad de Agua Superficial (LB-16). En el siguiente cuadro se describe y muestra la ubicación de los seis (06) puntos de monitoreo.

**Cuadro N° 4.50:** Puntos del muestreo calidad de agua superficial (cuerpos receptores)

Punto	Coordenadas UTM <sup>(1)</sup>		Altitud (msnm)	Descripción
	Este	Norte		
CW-01	294 593	8 832 419	4532	Quebrada Chanquillo aguas arriba de la relavera (pasivo ambiental)
CW-02	293 405	8 832 262	4449	Quebrada Chanquillo antes de la confluencia con la quebrada Auquín
CW-03	293 246	8 832 307	4441	Quebrada Chanquillo después de la confluencia con la quebrada Auquín
CW-04	293 336	8 832 120	4449	Quebrada Auquín aguas abajo del proyecto CHIPTAJ
CW-05	293 590	8 831 575	4464	Quebrada Auquín aguas arriba del proyecto CHIPTAJ
CW-06	291 929	8 832 446	4409	Quebrada Chanquillo, aguas arriba de la estancia Chanquillo.

(1) Datum PSAD 56 – Zona 18L

Fuente: Elaboración propia

##### 2. Época de Estiaje

Así mismo, se llevaron a cabo dos (02) monitoreos en época de seca mediante el muestreo de tres (03) estaciones, tomando como referencia el área de exploración y zonas adyacentes al proyecto. El muestreo se realizó en los meses de mayo y agosto del año 2010.



**Cuadro N° 4.51:** Puntos del muestreo calidad de agua superficial estiaje (cuerpos receptores)

Punto	Coordenadas UTM <sup>(1)</sup>		Altitud (msnm)	Descripción
	Este	Norte		
M-12	295 009	8 832 834	4751	Qda Chanquillo aguas abajo de lag. Tocto
CW-01	294 593	8 832 419	4532	Qda Chanquillo aguas arriba de relavera
PC-1	295 360	8 833 452	4765	Punto de captación

(1) Datum PSAD 56 – Zona 18L

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.4.3 Análisis y Resultados de Calidad de Aguas

##### 1. Época de Avenida

**Cuadro N° 4.52:** Resultados del monitoreo época húmeda – parámetros de campo

Estación de Monitoreo	Fecha y Hora	pH	Conductividad Eléctrica (uS/cm)	Oxígeno Disuelto (mg/l)	Caudal (l/s)
CW-01	04/03/2010 02:24:00 p.m.	7.04	83	6.49	323
CW-02	04/03/2010 07:22:00 a.m.	7.23	170	7.71	744
CW-03	04/03/2010 08:15:00 a.m.	7.31	71	7.35	1156
CW-04	04/03/2010 07:00:00 a.m.	7.28	106	7.82	209
CW-05	05/03/2010 07:30:00 a.m.	6.75	114	6.44	658
CW-06	03/03/2010 01:10:00 p.m.	7.94	171	7.16	920
Estándares nacionales de calidad ambiental del agua (ECA D.S. N° 002-2008-MINAM). Categoría 3		6-8	< 2000	=< 4	N.A.

N.A.: No aplica

Fuente: Ver Anexo B.2: Informes de Ensayo de los Monitoreos

**Cuadro N° 4.53:** Resultados del monitoreo época húmeda – parámetros fisicoquímicos

Estación de Monitoreo	Fecha y Hora	Cr(VI) (mg/l)	STS (mg/l)	TSD (mg/l)	Hg(t) (mg/l)	As(t) (mg/l)	Cd(t) (mg/l)
CW-01	04/03/2010 02:24:00 p.m.	<0.1	26	49	<0.0005	<0.02	<0.003
CW-02	04/03/2010 07:22:00 a.m.	<0.1	15	133	<0.0005	<0.02	<0.003
CW-03	04/03/2010 08:15:00 a.m.	<0.1	10	112	<0.0005	<0.02	<0.003
CW-04	04/03/2010 07:00:00 a.m.	<0.1	18	84	<0.0005	<0.02	<0.003
CW-05	05/03/2010 07:30:00 a.m.	<0.1	<5	92	<0.0005	<0.02	<0.003



**Cuadro N° 4.53: Resultados del monitoreo época húmeda – parámetros fisicoquímicos**  
(Continuación)

Estación Monitoreo	Fecha y Hora	Cr(VI) (mg/l)	STS (mg/l)	TSD (mg/l)	Hg(t) (mg/l)	As(t) (mg/l)	Cd(t) (mg/l)
CW-06	03/03/2010 01:10:00 p.m.	<0.1	44	110	<0.0005	<0.02	<0.003
Estándares nacionales de calidad ambiental del agua (ECA D.S. N° 002-2008-MINAM). Categoría 3		0.1	N.A.	N.A.	0.001	0.05	0.005

Estación Monitoreo	Fecha y Hora	Cu(t) (mg/l)	Fe(t) (mg/l)	Mg(t) (mg/l)	Mn(t) (mg/l)	Pb(t) (mg/l)	Se(t) (mg/l)	Zn(t) (mg/l)
CW-01	04/03/2010 02:24:00 p.m.	<0.005	4.63	1.67	0.140	<0.01	<0.02	0.022
CW-02	04/03/2010 07:22:00 a.m.	<0.005	2.07	3.81	0.290	<0.01	<0.02	0.176
CW-03	04/03/2010 08:15:00 a.m.	<0.005	1.98	2.61	0.192	<0.01	<0.02	0.089
CW-04	04/03/2010 07:00:00 a.m.	<0.005	0.92	1.47	0.078	<0.01	<0.02	0.015
CW-05	05/03/2010 07:30:00 a.m.	<0.005	0.34	1.37	0.046	<0.01	<0.02	0.039
CW-06	03/03/2010 01:10:00 p.m.	<0.005	1.27	3.05	0.204	<0.01	<0.02	0.082
Estándares nacionales de calidad ambiental del agua (ECA D.S. N° 002-2008-MINAM) Categoría 3		0.200	1.00	150	0.200	0.05	0.05	2.000

N.A.: No aplica

Fuente: Ver Anexo B.2: Informes de Ensayo de los Monitoreos

### Interpretación de los Resultados

Sobre los resultados obtenidos en el monitoreo en el mes de marzo del año 2010, con la participación de CIMM PERÚ S.A., se puede observar que los valores reportados por el laboratorio para los parámetros de campo, se encuentran por debajo de las ECA de agua Categoría 3 y las concentraciones de Oxígeno Disuelto nos indican que las aguas se encuentran con buena oxigenación, ya que presentan una concentración superior al valor mínimo regulado por las ECA.

Los valores reportados para el análisis de parámetros fisicoquímicos de todas las estaciones de monitoreo, se encuentran por debajo de los valores límite regulados por la ECA de agua categoría 3, excepto para las estaciones CW-01, CW-02, CW-03 y CW-06, que tienen concentraciones de hierro por encima de lo regulado en las ECA para agua, y las estaciones CW-02 y CW-06 que tienen concentraciones de manganeso por encima de los regulado en los Estándares de Calidad de Aguas.





Con respecto a los Sólidos Totales en Suspensión y los Sólidos Totales Disueltos, se observa que en la quebrada Auquín (Estaciones CW-04 y CW-05) estos valores son menores con respecto a los valores reportados en la quebrada Chanquillo (estaciones CW-01, CW-03 y CW-06). Los valores de los Sólidos Totales en Suspensión (TSS) y los Sólidos Totales Disueltos (TSD) reportados en la quebrada Chanquillo aumentan en el sentido del flujo, observándose un gran aumento de sólidos de la estación CW-01 (antes de la relavera) a la estación CW-02 después de la relavera (Pasivo ambiental que se encuentra fuera de la concesión Chacua 55).

Evidentemente las concentraciones del parámetro hierro (Fe) por encima de los valores permisibles se debe a la presencia de arcillas conteniendo hierro (limonitas y limolitas) en el área del proyecto, sumado a la temporada de avenidas (precipitaciones pluviales) en la cual se ha realizado el monitoreo, que vulneran la alta sensibilidad física de los suelos, produciendo el arrastre de suelos conteniendo dicho parámetro. Asimismo, los valores del parámetro manganeso que sobrepasan ligeramente los valores límite se deben a la presencia de rocas calcáreas en el entorno del proyecto, especialmente calizas del tipo dolomita.

## 2. Época de Estiaje

**Cuadro N° 4.54: Resultados de análisis de calidad de agua época seca**

Parámetros	Unidades	ECA (*)	M-12		CW-01		PC-01	
			May 2010	Ago 2010	Mar 2010	May 2010	Ago 2010	Ago 2010
Temperatura	°C	--	10.7	4.3	-	11	8.6	6.5
pH	pH	6.5-8.5	6.98	7.63	7.04	6.96	7.49	8.08
Conductividad	uS/cm	<2000	45	51	83	77	70	49
OD	mg/l	>=4	6.1	4.98	6.49	5.99	5.62	5.25
Cianuro Wad	mg/l	0.1	<0.005	<0.005	-	<0.005	<0.005	<0.005
Bicarbonato	mg/l	370	20	20	-	26	23	19
Nitrato	mg/l	10	0.2	<0.10	-	0.2	0.14	3.60
Nitrito	mg/l	0.06	<0.005	<0.005	-	<0.005	<0.005	<0.005
Fluoruros	mg/l	1	0.07	0.5	-	0.011	0.06	0.04
Cloruro	mg/l	100-700	<1	<1	-	<1	<1	<1
S.A.A.M	mg/l	1	<0.025	<0.025	-	<0.025	<0.025	<0.025
Cromo (VI)	mg/l	0.1	<0.1	<0.10	-	<0.1	<0.10	<0.10
STS	mg/l	--	<5	<5	26	<5	<5	<5
Sulfato	mg/l	300	14	10	-	21	16	9



**Cuadro N° 4.54: Resultados de análisis de calidad de agua época seca (Continuación)**

Parámetros	Unidades	ECA (*)	M-12		CW-01		PC-01	
			May 2010	Ago 2010	Mar 2010	May 2010	Ago 2010	Ago 2010
Sulfuro	mg/l	0.05	0.007	0.003	-	0.01	0.003	<0.002
Aceites y Grasas	mg/l	1	<0.5	<0.5	-	<0.5	<0.5	<0.5
Fenoles	mg/l	0.001	<0.001	<0.001	-	<0.001	<0.001	<0.001
PO4 3-*	mg/l	--	<0.005	<0.005	-	<0.005	<0.005	<0.005
DBO	mg/l	15	<2.00	<2.00	-	<2.00	<2.00	<2.00
DQO	mg/l	40	28.64	<2.00	-	25.08	18.04	13.39
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1000	<1.8	<1.8	-	23	330	<1.8
Coliformes Totales	NMP/100 ml	5000	23	<1.8	-	23	6.8	<1.8
Mercurio	mg/l	0.001	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Plata	mg/l	0.05	<0.005	<0.002	-	<0.005	<0.002	<0.002
Aluminio	mg/l	5	0.07	0.03	-	0.1	0.03	0.03
Arsénico	mg/l	0.05	<0.02	<0.008	<0.02	<0.02	<0.008	<0.008
Bario	mg/l	0.7	0.024	0.021	-	0.029	0.027	0.024
Berilio	mg/l	0.1	<0.001	<0.0003	-	<0.001	<0.0003	<0.0003
Bismuto	mg/l	--	<0.02	<0.02	-	<0.02	<0.02	<0.02
Boro	mg/l	0.5-6	<0.1	0.005	-	--	0.006	0.005
Calcio	mg/l	200	6.85	7.32	-	9.92	9.81	7.01
Cadmio	mg/l	0.005	<0.003	<0.001	<0.003	<0.003	<0.001	<0.001
Cesio	mg/l	--	<0.05	<0.02	-	<0.05	<0.02	<0.02
Cobalto	mg/l	0.05	<0.005	<0.002	-	<0.005	<0.002	<0.002
Cromo	mg/l	0.1	<0.01	<0.004	<0.1	<0.01	<0.004	<0.004
Cobre	mg/l	0.2	<0.005	<0.003	<0.005	<0.005	<0.003	<0.003
Hierro	mg/l	1	0.6	0.37	4.63	1.36	0.74	0.41
Potasio	mg/l	--	0.37	0.42	-	0.45	0.45	0.46
Litio	mg/l	2.5	<0.005	<0.004	-	<0.005	<0.004	<0.004
Magnesio	mg/l	150	0.78	0.85	1.67	1.41	1.34	0.78
Manganeso	mg/l	0.2	0.045	0.028	0.14	0.049	0.068	0.030
Molibdeno	mg/l	--	<0.01	<0.004	-	<0.01	<0.004	<0.004
Sodio	mg/l	--	2.2	2.46	-	2.34	2.68	2.45
Níquel	mg/l	0.2	<0.002	<0.002	-	<0.002	<0.002	<0.002
Fosforo	mg/l	--	<0.1	<0.06	-	<0.1	<0.06	<0.06
Plomo	mg/l	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Antimonio	mg/l	--	<0.01	<0.008	-	<0.01	<0.008	<0.008
Selenio	mg/l	0.05	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	5.24
Silicio	mg/l	--	5.3	4.76	-	5.8	5.24	<0.02
Estaño	mg/l	--	<0.03	<0.007	-	<0.03	<0.007	<0.007
Estroncio	mg/l	--	0.089	0.1130	-	0.16	0.1677	0.0905
Titanio	mg/l	--	<0.01	<0.01	-	<0.01	<0.01	<0.01
Talio	mg/l	--	<0.05	<0.05	-	<0.05	<0.05	<0.05
Vanadio	mg/l	--	<0.005	<0.003	-	<0.005	<0.003	<0.003
Zinc	mg/l	2	0.041	0.019	0.022	0.017	0.024	0.027

Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM, Categoría 3 (Aguas para bebida de Animales y riego de vegetales). Laboratorio CIMPERU S.A, Informes de laboratorio



### Interpretación de los Resultados

En el cuadro donde se muestra los resultados de la evaluación para calidad de cuerpos receptores, se observa que los parámetros evaluados en los puntos de monitoreo, se encuentran por debajo de los ECA establecidos para la categoría 3 (Aguas para bebida de animales y riego de vegetales), a excepción de la concentración de hierro en el punto de monitoreo CW-1, en el que se superó levemente el estándar correspondiente durante el monitoreo realizado en Mayo del 2010.

#### 4.2.4.4 Selección de los Puntos de Monitoreo en Efluentes Mineros

Se llevó a cabo dos monitoreo en época de seca mediante el muestreo de cinco (05) estaciones de monitoreo, tomando como referencia el área de exploración y zonas adyacentes al proyecto. El muestreo se realizó los meses de mayo y agosto del año 2010.

**Cuadro N° 4.55:** Ubicación de puntos de monitoreo – efluentes

Punto	Coordenadas UTM <sup>(1)</sup>		Altitud (msnm)
	Este	Norte	
BM Nv 750	294 972	8 833 262	4849
BMTUC 03	295 059	8 833 530	4848
BMTUC 04 Nv 670	295 161	8 833 230	4779
Candelaria BMCAN 01	294 411	8 832 832	4594
Chancapampa BMCHA 2 Nv 440	294 449	8 832 670	4546

(1) Datum PSAD 56 – Zona 18L

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.4.5 Análisis y Resultados de la Calidad de Agua de los Efluentes de Mina

**Cuadro N° 4.56:** Resultados de análisis de efluentes

Parámetros	Unidades	ECA (*)	BM Nv750	BMTUC 03	BMTUC 04 Nv 670	Candelaria BMCHA 01	Chancapampa BMCHA 2 Nv.440	
			01/2010	01/2010	01/2010	01/2010	01/2010	08/2010
Temperatura	°C	-	13	13	12	10	11	-
pH	Und. pH	6-9	6.4	6.6	6.4	6.5	6.9	7.23
Caudal	l/h	-	S/C	S/C	S/C	156.5	642.8	3076
CN Total		1	-	-	-	-	-	<0.005
TSS	mg/l	-	<5	<5	<5	<5	<5	-
STS	mg/l	50	-	-	-	-	-	<5
Plata	mg/l	-	-	-	-	-	-	<0.002
Aluminio	mg/l	-	-	-	-	-	-	<0.02



**Cuadro N° 4.56: Resultados de análisis de efluentes (Continuación)**

Parámetros	Unidades	ECA (*)	BM Nv750	BMTUC 03	BMTUC 04 Nv 670	Candelaria BMCHA 01	Chancapampa BMCHA 2 Nv.440	
			01/2010	01/2010	01/2010	01/2010	01/2010	08/2010
Arsénico	mg/l	-	0.95	0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.008
Bario	mg/l	-	-	-	-	-	-	0.023
Berilio	mg/l	--	-	-	-	-	-	<0.0003
Calcio	mg/l	-	-	-	-	-	-	66.91
Cadmio	mg/l	-	-	-	-	-	-	<0.001
Cesio	mg/l	-	-	-	-	-	-	<0.02
Cobalto	mg/l	--	-	-	-	-	-	<0.002
Cromo	mg/l	-	-	-	-	-	-	<0.004
Cobre	mg/l	-	3.594	<0.005	<0.005	<0.005	0.006	<0.003
Hierro	mg/l	2	429	0.02	0.21	<0.01	<0.01	0.04
Potasio	mg/l	-	-	-	-	-	-	1.25
Litio	mg/l	-	-	-	-	-	-	0.010
Magnesio	mg/l	-	-	-	-	-	-	12.65
Manganeso	mg/l	-	-	-	-	-	-	0.102
Molibdeno	mg/l	-	-	-	-	-	-	<0.004
Sodio	mg/l	-	-	-	-	-	-	4.82
Níquel	mg/l	-	-	-	-	-	-	<0.002
Fosforo	mg/l	-	-	-	-	-	-	<0.06
Plomo	mg/l	-	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Antimonio	mg/l	-	-	-	-	-	-	<0.008
Selenio	mg/l	-	-	-	-	-	-	<0.02
Estaño	mg/l	-	-	-	-	-	-	<0.007
Estroncio	mg/l	-	-	-	-	-	-	1.1841
Titanio	mg/l	-	-	-	-	-	-	<0.01
Talio	mg/l	-	-	-	-	-	-	<0.05
Vanadio	mg/l	-	-	-	-	-	-	<0.003
Zinc	mg/l	-	46.619	0.044	0.138	0.14	0.71	0.129

Límites máximos permisibles para la descarga de efluentes Líquidos de actividades Minero- Metalúrgicas. R.S. 010-2010-MINAM Laboratorio CIMMPERU S.A, Informes de laboratorio

### Interpretación de Resultados

En el cuadro de los resultados de la evaluación de efluentes, se hace la comparación con respecto a los parámetros establecidos por los límites máximos permisibles para la descarga de efluentes Líquidos de actividades Minero- Metalúrgicas. R.S. 010-2010-MINAM, con fecha 21 de Agosto del 2010, por tanto la comparación no ha sido para todos los parámetros establecidos, debido que las muestras tomadas fueron para parámetros disueltos.



#### 4.2.5 GEOQUÍMICA

Los resultados preliminares que comprende los análisis de Balance Ácido-Base (ABA, Acid Base Account) realizadas sobre muestras de roca recolectadas durante los trabajos de campo ejecutados durante los meses de marzo y noviembre del 2010, muestran que:

##### **Desmonte de Chiptaj: Es Potencial Generador de DAR**

No obstante se ha logrado dar indicaciones referente al potencial de generación de DAR de la rocas mencionada líneas arriba, para estimar con mayor precisión la capacidad de generación de DAR de un tipo de roca o mineralización, los resultados de los análisis efectuados deberían ser confirmados y complementados con pruebas cinéticas.

Para evaluar la cantidad y calidad de las aguas que drenan por la mina es importante relacionar dicha información con el modelo hidrogeológico del yacimiento, la información litológica y mineralógica existente de las discontinuidades y de las labores de mina por donde fluyen las aguas, las cantidades y calidades de las aguas que surgen en las labores y escurren por ellos, así como las condiciones climáticas (principalmente la precipitación).

La distribución de metales en las muestras determinados por métodos de análisis espectral se indica en el cuadro siguiente:

***Cuadro N° 4.57: Distribución de metales***

Muestra	% Ca	% Fe	% Mn	% Cu	% Pb	% Zn	Cd (ppm)	As (ppm)
Marzo 2010	2.10	6.80	0.087	0.002	0.001	0.006	1	214
Noviembre 2010	0.25	4.97	0.097	0.002	0.006	0.008	3	1

Fuente: Laboratorio de Espectrometría de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica de la Universidad Nacional de Ingeniería

Las muestras fueron analizadas químicamente para caracterizar el potencial de generación de DAR conduciendo pruebas de balance ácido-base en las que se determina el potencial hidrógeno en pasta, el potencial de neutralización (PN, de NP-Neutralización



Potencial) y los porcentajes de azufre como totales y como sulfatos. Sobre la base de éstos dos últimos se calcula el porcentaje de azufre como sulfuros y se determina el potencial de acidez (PA, de AP – Acid Potencial).

**Cuadro N° 4.58: Composición y abundancia mineralógica de las muestras**

Muestra	pH Pasta	% S	PN	PA	PNN	PN/PA
Marzo 2010	7.60	0.49	58.12	15.31	42.81	3.80
Noviembre 2010	7.40	2.62	53.74	81.87	-28.13	0.70

Fuente: Laboratorio de Espectrometría de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica de la Universidad Nacional de Ingeniería

Dónde:

PN : Potencial de Neutralización (Kg  $\text{CaCO}_3$ /t)

% S : Porcentaje de Azufre como Sulfuro

PA : Potencial de acidez (Kg  $\text{CaCO}_3$ /t)

PNN : Potencial Neto de Neutralización (Kg  $\text{CaCO}_3$ /t)

PN, PA y PNN fueron evaluados según EXTRACTS FROM FIELDS AND LABORATORY METHODS APPLICABLE TO OVERBURDENS AND MINE SOILS, U.S. EPA, 600/2 – 78 – 0.54, 1978.

#### 4.2.6 HIDROGEOQUÍMICA

##### 4.2.6.1 Introducción

La evaluación de la calidad del agua subterránea y superficial se ha efectuado en base a los resultados obtenidos de los análisis de muestras de agua recolectadas durante la realización del inventario de fuentes de agua subterránea y superficial. Así mismo se ha tomado valores de la química básica in-situ de los cuerpos de agua monitoreados, estos datos se muestran a continuación además de su análisis respectivo.

**Cuadro N° 4.59: Inventario de fuentes de agua**

Punto	Tipo de Agua	Coordenadas UTM <sup>(1)</sup>		Altitud (msnm)	Ubicación
		Este	Norte		
CW-1	Superficial	294 593	8 832 419	4532	Aguas Arriba de la zona del proyecto, Qda. Chanquillo
CW-2	Superficial	293 405	8 832 262	4449	Unos 70m antes de la confluencia de Qda. Auquin y Qda. Chanquillo



**Cuadro N° 4.59: Inventario de fuentes de agua (Continuación)**

Punto	Tipo de Agua	Coordenadas UTM <sup>(1)</sup>		Altitud (msnm)	Ubicación
		Este	Norte		
CW-3	Superficial	293 246	8 832 307	4441	Aguas arriba de la confluencia de Qda. Auquín y Qda. Chanquillo
CW-4	Superficial	293 336	8 832 120	4449	Aguas abajo de la confluencia de Qda. Auquín y Qda. Chanquillo
CW-5	Superficial	293 590	8 831 575	4464	Quebrada Auquín en los linderos del bofedal existente
CW-6	Superficial	291 929	8 832 446	4409	En el cauce de la Qda. Chanquillo
CW-7	Superficial	294 259	8 830 794	4568	Aguas abajo de la confluencia Qda. Auquín y Qda S/N
CW-8	Superficial	294 268	8 830 754	4568	Aguas arriba de la confluencia Qda. Auquín y Qda S/N
MA-01 <sup>(2)</sup>	Subterránea	293 533	8 831 500	4546	Afloramiento de agua cerca de la Qda. Auquín
MA-02 <sup>(2)</sup>	Subterránea	293 154	8 830 320	4760	Afloramiento de agua a espaldas del cerro Potrero
MA-03 <sup>(2)</sup>	Subterránea	291 717	8 832 217	4400	Afloramiento de agua cerca de la Qda. Chanquillo
CW-12	Superficial	291 892	8 832 182	4401	Margen izquierda de Qda. Chanquillo
CW-13	Superficial	293 013	8 832 616	4485	Margen derecha de Qda. Chanquillo, estancia Liberato

(1) Datum PSAD 56 – Zona 18L

(2) Nota: Codificación modificada en gabinete

Fuente: Elaboración Propia

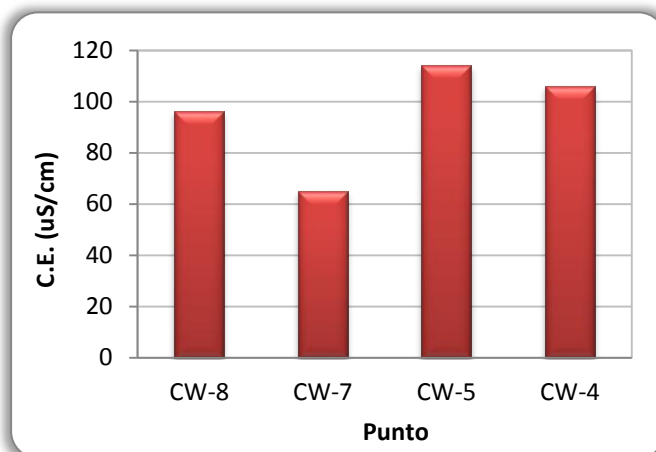
#### 4.2.6.2 Conductividad Eléctrica (C.E.)

La conductividad eléctrica es la capacidad del agua para conducir electricidad y permite evaluar la salinidad de la misma.

Los valores de conductividad eléctrica medida en las muestras de agua subterránea, varían entre 49  $\mu\text{S/cm}$  a 8.3°C y 223  $\mu\text{S/cm}$  a 7.4°C. Para las aguas superficiales de la quebrada Auquín los valores de la conductividad eléctrica varían desde 65  $\mu\text{S/cm}$  a 10.0 °C hasta 114  $\mu\text{S/cm}$  a 6.8 °C. Para la quebrada Chanquillo los valores fluctúan entre 71  $\mu\text{S/cm}$  a 7.2 °C y 171  $\mu\text{S/cm}$  a 11.4 °C.

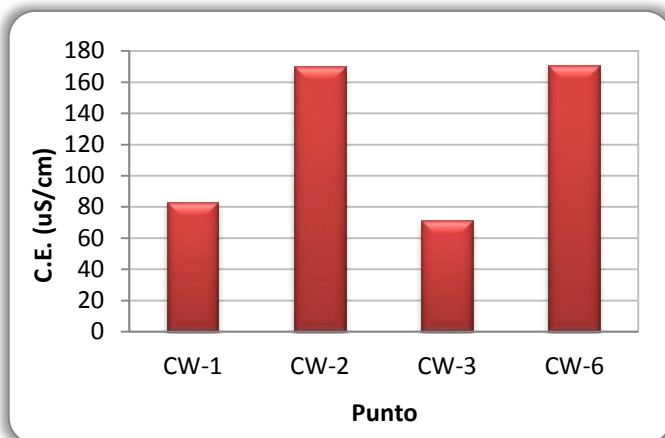
Se puede observar que el agua en su recorrido diluye formaciones solubles, incrementado considerablemente su conductividad eléctrica, así como también pierde salinidad en el suelo adyacente, como se puede ver en las figuras siguientes.

**Figura N° 4.17:** C.E. ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) quebrada Auquín en sentido del flujo



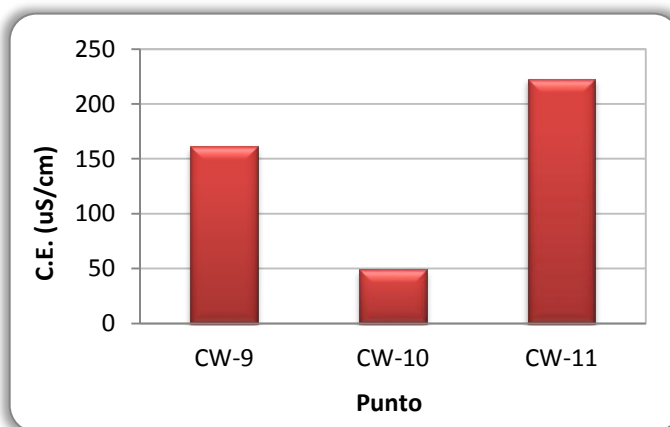
Fuente: Elaboración Propia

**Figura N° 4.18:** C.E. ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) quebrada Chanquillo en sentido del flujo



Fuente: Elaboración Propia

**Figura N° 4.19:** C.E. ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) agua subterránea



Fuente: Elaboración Propia



**Cuadro N° 4.60: Valores de C.E.**

Punto	Tipo	C.E. ( $\mu\text{S/cm}$ )
CW-1	Agua Superficial	83
CW-2	Agua Superficial	170
CW-3	Agua Superficial	71
CW-4	Agua Superficial	106
CW-5	Agua Superficial	114
CW-6	Agua Superficial	171
CW-7	Agua Superficial	65
CW-8	Agua Superficial	96
MA-01	Agua Subterránea	161
MA-02	Agua Subterránea	49
MA-03	Agua Subterránea	223
CW-12	Agua Superficial	71
CW-13	Agua Superficial	175

Fuente: CIMMPERU S.A

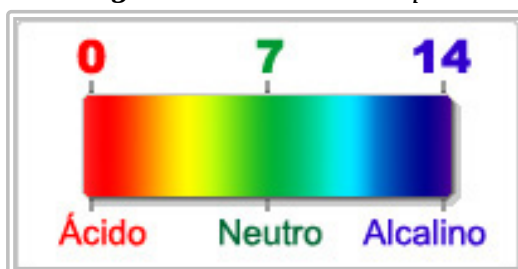
Según el análisis de las figuras anteriores la conductividad eléctrica no presenta patrones o comportamientos representativos.

#### 4.2.6.3 pH

El pH es el grado de acidez de una sustancia, es decir la concentración de iones de  $\text{H}^+$  en una solución acuosa, (del francés pouvoir hydrogène, “poder del hidrógeno”), el pH también se expresa a menudo en términos de concentración de iones hidronio.

Con el propósito de evaluar las condiciones de acidez y alcalinidad de las aguas superficiales (quebradas y ríos) y las subterráneas, se ha realizado una evaluación de la información obtenida a partir de los resultados de análisis de agua in-situ.

**Figura N° 4.20: Escala de pH**



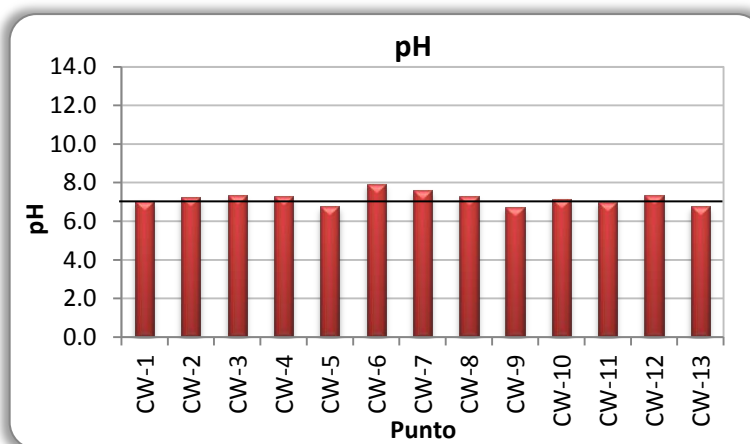
Fuente: Elaboración Propia

**Cuadro N° 4.61: Valores de pH**

Punto	Tipo	pH
CW-1	Agua Superficial	7.04
CW-2	Agua Superficial	7.23
CW-3	Agua Superficial	7.31
CW-4	Agua Superficial	7.28
CW-5	Agua Superficial	6.78
CW-6	Agua Superficial	7.94
CW-7	Agua Superficial	7.61
CW-8	Agua Superficial	7.30
MA-01	Agua Subterránea	6.74
MA-02	Agua Subterránea	7.15
MA-03	Agua Subterránea	6.99
CW-12	Agua Superficial	7.33
CW-13	Agua Superficial	6.76

Fuente: CIMPERU S.A

**Figura N° 4.21: Variación del pH en las muestras**



Fuente: Elaboración Propia

De los resultados que se presentan en el Cuadro N° 4.61 se puede obtener las siguientes conclusiones:

- ✓ La mayoría de las muestras se encuentran en el rango de neutralidad, es decir con pH entre 6.5 y 7.5. Las muestras CW-6 y CW-7 son ligeramente alcalinas;
- ✓ Los valores de las muestras cumplen con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental de Agua para todos los usos.

#### 4.2.6.4 Dureza

La dureza del agua es una característica dada por la presencia de los iones  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$ . En general, las aguas subterráneas dentro del área de influencia directa de la



zona en estudio se clasifican como aguas blandas a moderadamente blandas (dureza menor a 100 ppm de  $\text{CaCO}_3$ ). La dureza se determina por la cantidad de  $\text{CaCO}_3$  presente en el agua y se expresa en ppm de  $\text{CaCO}_3$  o en grados franceses. Su valor se ha estimado con la siguiente expresión:

$$H_T = 50.1Ca^{++} + 49.856Mg^{++}$$

Dónde:

$H_T$  : Dureza total en ppm de  $\text{CaCO}_3$

$Ca^{++}, Mg^{++}$  : Cationes solubles en (meq/l)

**Cuadro N° 4.62: Escala de dureza del agua**

PPM $\text{CaCO}_3$	Tipo de Agua
0 – 50	Blanda
50 – 100	Moderadamente Blanda
100 – 200	Ligeramente Dura
200 – 300	Moderadamente Dura
300 – 450	Dura
+450	Muy Dura

Fuente: Internet

**Cuadro N° 4.63: Dureza de las muestras analizadas**

Punto	T (°C)	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	$Ca^{++}$ (meq/l)	$Mg^{++}$ (meq/l)	Ht (ppm $\text{CaCO}_3$ )	Tipo de Agua
MA-01	11.1	161	0.987	0.185	59	Moderadamente Blanda
MA-02	8.3	49	0.412	0.054	23	Blanda
MA-03	7.4	223	1.683	0.255	97	Moderadamente Blanda
CW-1	11.3	83	0.468	0.137	30	Blanda
CW-2	7.0	170	1.048	0.313	68	Moderadamente Blanda
CW-3	7.2	71	0.827	0.215	52	Moderadamente Blanda
CW-4	6.3	106	0.643	0.121	38	Blanda
CW-5	6.8	114	0.614	0.113	36	Blanda
CW-6	11.4	171	1.054	0.251	65	Moderadamente Blanda
CW-7	10.0	65	0.357	0.063	21	Blanda
CW-8	11.1	96	0.556	0.089	32	Blanda
CW-12	9.8	71	0.522	0.068	30	Blanda
CW-13	8.8	175	1.208	0.231	72	Moderadamente Blanda

Fuente: Elaboración Propia



#### 4.2.6.5 Composición Química

Acorde con los resultados de los análisis físicos - químicos practicados a trece muestras representativas de la zona, se conoce que el ion predominante es el calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ) entre los cationes, y el sulfato ( $\text{SO}_4$ ) y Bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) entre los aniones, tratándose de aguas bicarbonatadas sódicas y aguas sulfatadas sódicas y cálcicas.

##### 1. Balance Iónico

Para las muestras debe existir una condición de electro neutralidad, La suma de aniones ha de ser igual a la suma de cationes (expresados en meq/l). Lógicamente siempre hay un cierto error que se calcula con la esta fórmula:

$$\text{Error} = \frac{\text{aniones} - \text{cationes}}{\text{aniones} + \text{cationes}} \times 100$$

Suelen admitirse errores <10% en aguas poco salinas y <1 ó 2% en aguas con más de 1000 mg/L. Si el error es mayor, puede ser debido a errores analíticos o a la presencia excepcional de alguna sustancia no analizada.

Se realizó el balance iónico de las muestras tomadas en campo, encontrándose que una sola muestra no cumple con la condición de electro neutralidad.

**Cuadro N° 4.64: Resultados balance iónico**

Muestra	$\Sigma$ Aniones	$\Sigma$ Cationes	Balance Iónico
CW-1	0.70	1.28	29.48
CW-2	1.67	1.78	3.16
CW-3	1.24	1.39	5.69
CW-4	0.87	1.03	8.50
CW-5	1.10	0.89	-10.42
CW-6	1.69	1.67	-0.40
CW-7	0.59	0.56	-3.01
CW-8	0.83	0.85	1.34
MA-01	1.16	1.42	10.10
MA-02	0.50	0.57	6.47
MA-03	1.99	2.28	6.79
CW-12	0.71	0.72	0.55
CW-13	1.59	1.79	6.09

Fuente: Elaboración Propia

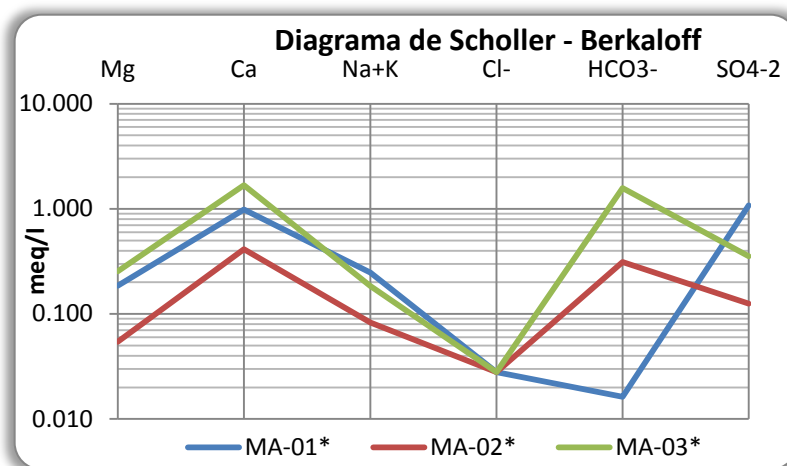
## 2. Representación Gráfica

Con el fin de visualizar más rápidamente la información obtenida en los análisis químicos de la zona, se emplean los diagramas de Schoeller-Berkaloff y de Piper.

### a. Diagrama de Schoeller – Berkaloff

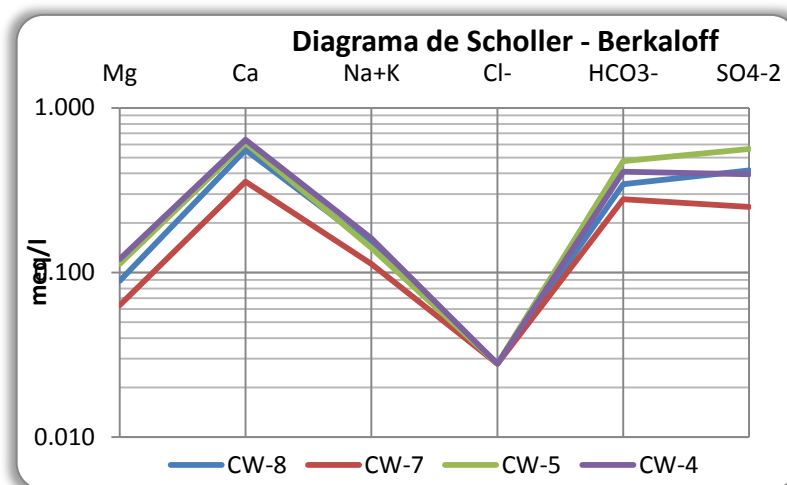
Es un diagrama columnar, en escala logarítmica se representan los iones mayoritarios en mg/l o meq/l y se unen los puntos correspondientes a cada análisis.

**Figura N° 4.22:** Diagrama de Scholler – Berkaloff para aguas subterráneas



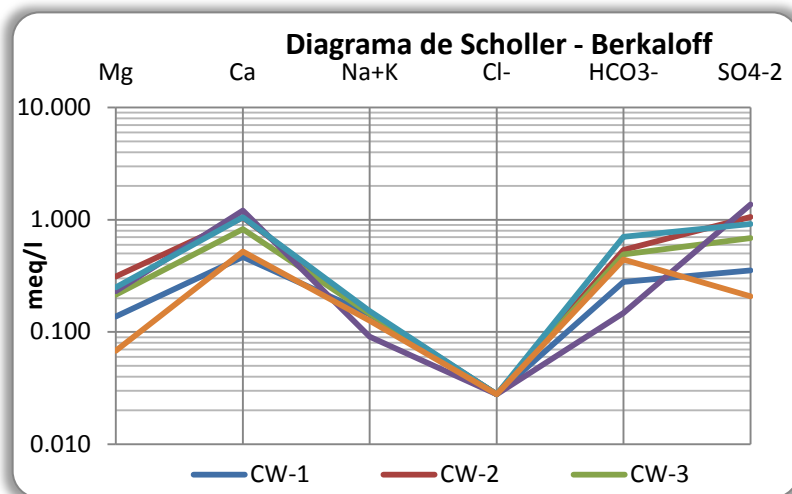
Fuente: Elaboración Propia

**Figura N° 4.23:** Diagrama de Scholler – Berkaloff para quebrada Auquín



Fuente: Elaboración Propia

**Figura N° 4.24:** Diagrama de Scholler – Berkaloff para la quebrada Chanquillo



Fuente: Elaboración Propia

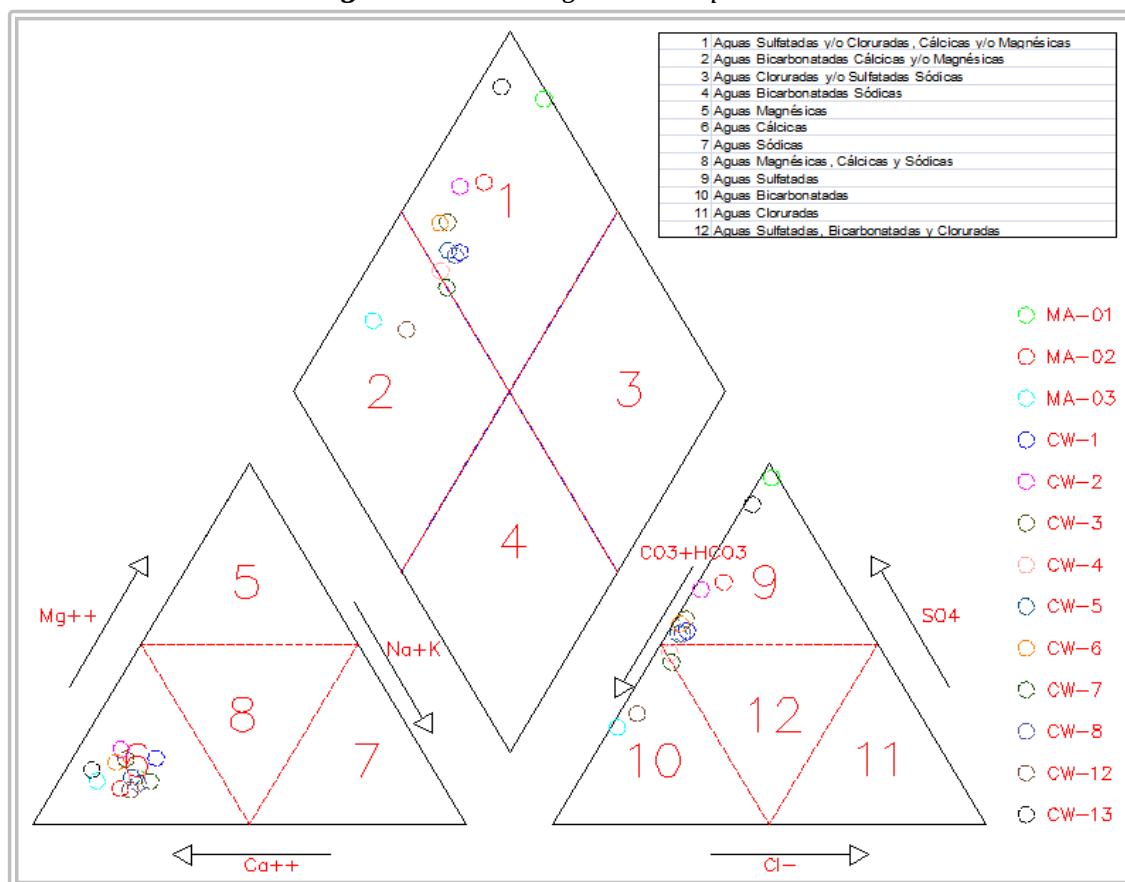
#### b. Diagrama de Piper

Utiliza dos diagramas triangulares para los constituyentes mayoritarios, uno para los cationes y otro para los aniones, y un rombo en el centro en el que se representa un tercer punto deducido de los cationes y los aniones. En cada escala se representan los porcentajes de meq/l del total de cationes, por un lado y aniones por otro, de forma que podemos identificar rápidamente los iones predominantes.

Presenta la ventaja que se pueden representar en el mismo diagrama muchos puntos. Sin embargo tiene la desventaja que no conocemos la salinidad de la muestra, dos aguas que tengan la misma proporción iónica pero distinta salinidad quedarían representadas en el mismo punto. Por ello a veces se representan las muestras como círculos cuyo radio es proporcional a la conductividad eléctrica o al TSD.

A continuación se presentan las clasificaciones de aguas obtenidas a través del diagrama de Piper:

**Figura N° 4.25: Diagrama de Piper**



Fuente: Elaboración Propia

**Cuadro N° 4.65: Tipos de agua**

Punto	Tipo	Ubicación	Tipo de Agua
CW-1	Agua Superficial	Aguas Arriba de la zona del proyecto, Qda. Chanquillo	Agua Sulfatada Cálcida
CW-2	Agua Superficial	Unos 70m antes de la confluencia de Qda. Auquín y Qda. Chanquillo	Agua Sulfatada Cálcida
CW-3	Agua Superficial	Aguas arriba de la confluencia de Qda. Auquín y Qda. Chanquillo	Agua Sulfatada Cálcida
CW-4	Agua Superficial	Aguas abajo de la confluencia de Qda. Auquín y Qda. Chanquillo	Agua Sulfatada Clorurada, Bicarbonatada Cálcida
CW-5	Agua Superficial	Quebrada Auquín en los linderos del bofedal existente	Agua Sulfatada Cálcida
CW-6	Agua Superficial	En el cauce de la Qda. Chanquillo	Agua Sulfatada Cálcida
CW-7	Agua Superficial	Aguas abajo de la confluencia Qda. Auquín y Qda S/N	Agua Bicarbonatada Cálcida
CW-8	Agua Superficial	Aguas arriba de la confluencia Qda. Auquín y Qda S/N	Agua Sulfatada Cálcida
MA-01	Agua Subterránea	Afloramiento de agua cerca de la Qda. Auquín	Agua Sulfatada Cálcida
MA-02	Agua Subterránea	Afloramiento de agua a espaldas del cerro Potrero	Agua Sulfatada Cálcida
MA-03	Agua Subterránea	Afloramiento de agua cerca de la Qda. Chanquillo	Agua Bicarbonatada Cálcida



**Cuadro N° 4.65: Tipos de agua (Continuación)**

Punto	Tipo	Ubicación	Tipo de Agua
CW-12	Agua Superficial	Margen izquierda de Qda. Chanquillo	Agua Bicarbonatada Cálctica
CW-13	Agua Superficial	Margen derecha de Qda. Chanquillo, estancia Liberato	Agua Sulfatada Cálctica

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.6.6 Sustancias Potencialmente Peligrosas

Los resultados de los parámetros correspondientes a este capítulo se muestran en el Anexo B.2.

##### 1. Nitratos

La sensibilidad de los cultivos al exceso de N en agua de riego, varía con la etapa del crecimiento. Altos niveles de N pueden resultar beneficiosos en las primeras etapas, pero causar problemas en etapas posteriores de floración y frutas, esto hace necesario un programa de manejo que contemple el uso de aguas con diferentes niveles de N según etapa de crecimiento. Las formas más rápidamente disponibles de N son el nitrato y amonio. En aguas de riego, en general, predomina el  $\text{N-NO}_3$ . En la mayoría de las aguas superficiales y subterráneas su concentración no supera los 5 mg/l  $\text{N-NO}_3$ . Algunas aguas subterráneas pueden contener concentraciones superiores.

Las concentraciones de Nitratos en las muestras de aguas de todos los puntos están por debajo de los Límites Máximos Permisibles según los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental de Agua para la clase III (valores < 10 mg/l).

##### 2. Sulfatos

El ion sulfato no produce efectos específicos en suelos y plantas, sin embargo, contribuye a aumentar la salinidad de la solución de suelo. Cuando el agua de riego contiene altas concentraciones de calcio y sulfato, estos dos elementos se combinarán en el suelo y formarán yeso.





Por lo tanto, las sales solubles dañinas depositadas en el suelo serán reducidas y habrá menos riesgo al usar esta agua. El agua que es rica en sulfato y calcio puede ser usada en suelos de arcilla.

Los valores encontrados en sulfuros indican que están por debajo del Límite máximo permisible según la Ley General de Aguas para la Clase III (valor < 300 mg/l).

### 3. Arsénico

Todos los puntos monitoreados se encuentran por debajo del límite máximo permisible según los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental de Agua Clase III (valores < 0.05 mg/l) para cuerpos receptores.

### 4. Cianuro WAD

Los valores encontrados de estos parámetros se encuentran por debajo del límite máximo permisible según los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental de Agua clase III (valores < 0.1 mg/l).

#### 4.2.7 HIDROGEOLOGÍA

El presente capítulo contiene la información necesaria para caracterizar hidrogeológicamente la zona de estudio. Se presentan las fuentes de agua subterránea, las investigaciones geofísicas realizadas, las unidades hidrogeológicas estimadas presentes en la zona, los parámetros hidrogeológicos estimados y la hidrodinámica estimada de la zona en estudio.

##### 4.2.7.1 Introducción

El área de influencia se ubica en la quebrada Chanquillo la que toma sus aguas de la laguna Tucto y en la quebrada Auquín que es afluente de la quebrada Chanquillo. Presentando el macizo porosidad secundaria en los posibles afloramientos de agua.

Aguas abajo de la desmontera la quebrada desemboca en el río Gorgor y posteriormente este en el río Pativilca. Aguas abajo del proyecto, en la confluencia de la



quebrada Chanquillo y Auquín existe un gran bofedal que sirve como un gran almacén de agua de agua para la época de estiaje. También aguas abajo de la galería, la quebrada Chanquillo atraviesa otro bofedal, que permite que el agua continúe su flujo hacia las zonas bajas en época de estiaje.

El área frente a la galería de exploración está ubicada en un antiguo lecho de laguna glaciaria en la microcuenca de la quebrada Chanquillo, desarrollada en la planicie intermedia de tres lagunas escalonadas, cuya laguna inferior está desecada y la superior es la laguna Tucto.

Los factores que controlan las condiciones hidrogeológicas de un medio geológico son: las unidades de roca y suelo donde se acumula el agua y el recurso hídrico que lo recarga.

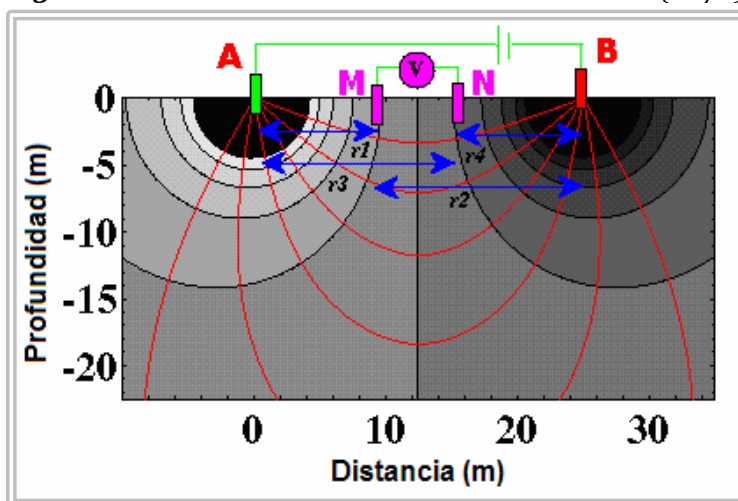
Para poder caracterizar hidrogeológicamente la zona del proyecto es necesario realizar estudios hidrológicos (ver capítulo II), geofísicos y además conocer las propiedades hidrogeológicas de la zona.

#### **4.2.7.2 Geofísica**

La prospección geo eléctrica en corriente continua es una técnica basada en un dispositivo tetraelectródico que inyecta corriente en el terreno y mide la diferencia de potencial que se genera. Los cambios de la resistividad calculados permiten modelar la estructura del subsuelo.

A partir de los valores medidos de corriente, de potencial eléctrico y del factor geométrico para cada disposición de electrodos se obtiene la respuesta de resistividad aparente  $\rho_a$ , que irá variando al aumentar la distancia entre electrodos (AB) y consecuentemente aumentando la profundidad de investigación. Por lo tanto para cada sitio de Sondaje se obtiene una curva de resistividad aparente en función de la semidistancia entre electrodos de corriente (AB/2).

**Figura N° 4.26:** Curvas entre electrodos de corriente (AB/2)



Fuente: Elaboración propia

Las rocas, suelos en función de su composición, textura y disposición presenta propiedades eléctricas diferentes y parámetros geométricos diferentes del medio que son el espesor, profundidad de los diferentes estratos del subsuelo, nivel freático, la composición litológica y estratigráfica, buzamiento de las rocas y otras que determinan el corte geoelectrico investigación que permite explicar su comportamiento del subsuelo que es característico de la estructura de la región.

### 1. Operaciones De Campo

Se realizaron las pruebas de SEV, en cada punto asignado en estudio, empleando la configuración electrónica del dispositivo Schlumberger que son dispuestos de manera simétrica y lineal respecto al centro de origen o estación del punto, los valores obtenidos de  $I$ ,  $\Delta V$ , son anotados y calculados de inmediato la resistividad aparente ( $\rho_a$ ), el cual es graficado en una hoja bilogarítmica, llamada hoja de campo, con el fin de seguir el desplazamiento suave de variación de la curva en forma ascendente, descendente, con la finalidad de evitar medidas falsas, se prosigue hasta que sea necesario la profundidad de investigación o falta de área accesible para desplazarse.

Donde los valores de resistividad aparente se asignan en las coordenadas de las ordenadas, y la distancia de AB/2 en las coordenadas de las abscisas. Los 16 ensayos de SEV están distribuidos de la siguiente manera:



**Cuadro N° 4.66: Ubicación de SEV**

SEV	Coordenadas UTM <sup>(1)</sup>		Altitud (msnm)
	Este	Norte	
SEV 01	292 106	8 832 268	4425
SEV 02	292 120	8 832 369	4412
SEV 03	292 149	8 832 463	4411
SEV 04	292 591	8 832 377	4425
SEV 05	292 745	8 832 224	4451
SEV 06	292 695	8 832 139	4475
SEV 07	293 226	8 831 938	4487
SEV 08	293 266	8 832 229	4420
SEV 09	293 298	8 832 359	4420
SEV 10	293 725	8 832 202	4445
SEV 11	293 585	8 832 047	4442
SEV 12	293 906	8 831 252	4560
SEV 13	293 649	8 831 457	4525
SEV 14	293 699	8 831 049	4575
SEV 15	294 336	8 830 692	4582
SEV 16	292 879	8 830 712	4812

(1) Datum PSAD 56 – Zona 18L

Fuente: Elaboración Propia

## 2. Resultados de Interpretación Cuantitativa

La interpretación cuantitativa de los SEV, realizada en el área del proyecto de Exploración Chiptaj, cuyos resultados de interpretación se tiene según las variaciones en profundidad de los parámetros geoelectricos de los diferentes puntos de SEV.

De los resultados de interpretación se obtienen cuatro capas de horizontes bien definidos, una zona superficial de suelo residual, identificado como suelo vegetal producto del proceso coluvial y fluvio-glaciario, horizontes de materiales rocosos con saturación de agua, dando lugar a rocas permeables y bien conductivas y horizontes de roca inalterada más resistiva.

### a. Perfil Geoelectrico A-A'

Este perfil está representado por los SEV 03, SEV 04, SEV 09, SEV 10; se presenta el resultado según las variaciones en profundidad. Del cuadro siguiente, se deduce el perfil geoelectrico la siguiente interpretación definida por capas u horizontes:



### Horizonte H1 o Capa Superior Superficial

Este horizonte H1, constituido por suelos vegetales u residuales, producto de proceso coluvial, fluvio-glaciario, presencia de humedad, suelos saturados de materiales finos, granulares, teniendo resistividades de  $100 - 1663 \Omega\cdot m$  y espesores que varían de 0.5 a 0.8 metros.

**Cuadro N° 4.67: Valores de resistividad verdadera - Perfil A-A'**

N° SEV	Tipo de Curva	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4	Capa 5	Profundidad Última Capa
SEV 03	QQH	P – 1651 E – 0.78	P – 789.2 E – 1.98	P – 42.72 E – 37.5	P – 27.47 E – 45.6	P – 845.5 E – $\alpha$	-85.85m
SEV 04	KA	p – 100 E – 0.674	P – 653 E – 0.658	P – 115 E – 29.5	P – 41.6 E – 32	P – 6748 E – $\alpha$	-62.7 m
SEV09	QQH	P – 1663 E – 0.5	P – 460 E – 2.03	P – 89.8 E – 9.35	P – 51.8 E – 55.5	P – 2564 E – $\alpha$	-67.35 m
SEV 10	HA	P – 168 E – 0.502	P – 42.6 E – 4.77	P – 129 E – 13.7	P – 1122 E – $\alpha$		-19 m

P : resistividad geoelectrica en ohmios-metro  $\rho(\Omega\cdot m)$

E : espesor de la capa u horizonte en metros

Fuente: Elaboración Propia

### Horizonte H2 o Capa Intermedia

Este horizonte se subdivide en dos Sub-horizontes:

**Sub – capa 1:** Representada por materiales aluviales, morrenicos, cuyas resistividades de  $460 - 798.2 \Omega\cdot m$ , y espesores de  $0.66 - 2.00$  metros con materiales ligeramente húmedos.

**Sub – capa 2:** Representada por materiales aluviales, a rocosos húmedos con valores de resistividad de  $27.47 - 115 \Omega\cdot m$  y espesores de  $4.7 - 37.5$  metros.

### Horizonte H3

Este horizonte intermedio conformada por materiales rocosos alterados de alta conductividad presenta resistividad de  $41.6 - 129 \Omega\cdot m$ , y espesores de  $13.7 - 45.5$  metros.



### Horizonte H4 o Capa Inferior

Este horizonte profundo conformado por rocas inalteradas de baja conductividad presenta alta resistividad de 845.5 - 6748  $\Omega$ -m, de espesor indefinido metros.

### b. Perfil Geoelectrico B-B'

Ese perfil representado por los SEV 02, SEV 05, SEV 11, realizados en el área indicada, que presenta los siguientes resultados según sus variaciones paramétricas.

**Cuadro N° 4.68: Valores de resistividad verdadera Perfil B-B'**

N° SEV	Tipo de Curva	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4	Capa 5	Capa 6	Capa 7	Profundidad Última Capa
SEV 02	HKHKH	P-466 E-0.5	P-103 E-0.35	P-755 E-1.29	P-53.5 E-1.94	P-290 E-6.64	P-50.2 E-12.9	P-273 E- $\alpha$	-23.59 m
SEV 05	KH	P-170 E-0.5	P-2129 E-0.47	P-68.7 E-22.4	P-246 E- $\alpha$				-23.34 m
SEV 11	HKHA	P-122 E-1.66	P-21.4 E-3.6	P-1470 E-6.41	P-93.1 E- $\alpha$				-11.68 m

P : resistividad geoelectrica en ohmios-metro  $\rho(\Omega \cdot m)$

E : espesor de la capa u horizonte en metros

Fuente: Elaboración Propia

Del cuadro de resistividades verdaderas se deduce el perfil geoelectrico definido por capas u horizontes.

### Horizonte H1 o Capa Superior Superficial

Este horizonte H1, está constituido por suelos vegetales u residuales, producto de proceso aluvial, fluvio-glaciario, presencia de humedad, suelos húmedos, de resistividades de 103 - 466  $\Omega$ -m de materiales finos, granulares, y espesores de 0.5 – 1.66 metros

### Horizonte H2 o Capa Intermedia

Este horizonte se subdivide en dos Sub-horizontes. Diferenciados por sus valores de los parámetros geoelectricos.



**Sub – capa 1:** Representada por materiales aluviales, cuyas resistividades de 21.4 - 755  $\Omega$ -m, y espesores de 0.5 – 3.6 metros, cuyos materiales están saturados de agua.

**Sub – capa 2:** Representada por sedimentos aluviales a rocosos con valores de resistividad de 50.2 - 1470  $\Omega$ -m y espesores de 6.41 – 22.5 metros.

### Horizonte H3

Este horizonte profundo conformado por materiales rocosos inalterados de baja conductividad presenta alta resistividad de 93.1 – 273  $\Omega$ -m. espesor indefinido.

### c. Perfil Geoeléctrico C-C'

Este perfil representado por los SEV 01, SEV 06, SEV 07, realizados en el área indicada que presenta el resultado según las variaciones en profundidad de los materiales.

**Cuadro N° 4.69:** Valores de resistividad verdadera perfil C-C'

N° SEV	Tipo de Curva	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4	Capa 5	Capa 6	Capa 7	Profundidad Última Capa
SEV 01	HKHKH	P-103 E-0.5	P-21.7 E-0.3	P-471 E-0.58	P-44.9 E-2.11	P-495 E-5.37	P-25.1 E-10.9	P-867 E- $\alpha$	-19.7 m
SEV 06	KHKH	P-27.1 E-0.5	P-541 E-0.665	P-34 E-3.34	P-452 E-5.63	P-26.8 E-14.4	P-7788 E- $\alpha$		-224.5 m
SEV 07	QH	P-2205 E-0.684	P-1085 E-1.54	P-183 E-50.7	P-7855 E- $\alpha$				-52.9 m

P : resistividad geoeléctrica en ohmios-metro  $\rho(\Omega \cdot m)$

E : espesor de la capa u horizonte en metros

Fuente: Elaboración Propia

Tomando del cuadro de valores de resistividades verdaderas se deduce el perfil geoeléctrico de la siguiente interpretación definida por capas u horizontes.

### Horizonte H1 o Capa Superior Superficial

Este horizonte H1, constituido por materiales residuales, y suelos orgánicos presencia de humedad, teniendo resistividades de 27.1 - 2505  $\Omega$ -m y espesores que varían de 0.5 – 0.80 metros.



### Horizonte H2 o Capa Intermedia

Este horizonte se subdivide en dos Sub-horizontes:

**Sub – capa 1:** Representada por sedimentos aluviales, cuyas resistividades es de 452 - 1085  $\Omega$ -m, y espesores de 0.6 – 1.54 metros.

**Sub – capa 2:** Representada por sedimentos aluviales, rocosos alterados con valores de resistividad de 34 – 495  $\Omega$ -m y espesores de 7.48 – 8.97 metros.

### Horizonte H3

Este horizonte conformada por materiales rocosos alterados, húmedos de resistividad de 25.1 – 183  $\Omega$ -m, de espesor definido por 7.48 – 8.97 metros.

### Horizonte H4 o Capa Inferior

Este horizonte profundo conformado por materiales rocosos inalterados de baja conductividad presenta alta resistividad de 876 - 7855  $\Omega$ -m, de espesor indefinido.

#### d. Perfil Geoeléctrico D-D'

Este perfil, integrado por los ensayos de SEV 01, SEV 02, SEV 03, realizados en el área de estudio, presenta los ensayos SEV según sus variaciones en profundidad de los materiales que lo constituyen. Del cuadro de valores de resistividades se deduce el perfil geoeléctrico de la siguiente interpretación definida por capas u horizontes.

**Cuadro N° 4.70: Valores de resistividad verdadera Perfil D-D'**

N° SEV	Tipo de Curva	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4	Capa 5	Capa 6	Capa 7	Profundidad Última Capa
SEV 01	HKHKH	P-103 E-0.5	P-21.7 E-0.3	P-471 E-0.58	P-44.9 E-2.11	P-495 E-5.37	P-25.1 E-10.9	P-867 E- $\alpha$	-19.7 m.
SEV 02	HKHKH	P-466 E-0.5	P-103 E-0.35	P-755 E-1.29	P-53.5 E-1.94	P-290 E-6.64	P-50.2 E-12.9	P-273 E- $\alpha$	-23.59 m.
SEV 03	QQH	P- 1651 E-0.782	P-789.2 E- 1.98	P - 42.72 E - 37.5	P-27.47 E - 45.6	P-845.5 E - $\alpha$			-85.85 m.

P: resistividad geo eléctrica en ohmios-metro  $\rho(\Omega$ - m)

E: espesor de la capa u horizonte en metros

Fuente: Elaboración Propia





### **Horizonte H1 o Capa Superior Superficial**

Este horizonte H1, constituido por suelos residuales fluvioglaciares, aluviales y suelos orgánicos, presencia de humedad, teniendo resistividades de  $21.7 - 1651 \Omega\text{-m}$  y espesores que varían de  $0.78 - 4.0$  metros.

### **Horizonte H2**

Este horizonte se subdivide en dos Sub-horizontes:

**Sub – capa 1:** Representada por aluviales, húmedos, cuyas resistividades es de  $53.5 - 798 \Omega\text{-m}$ , y espesores de  $1.98 - 6.64$  metros.

**Sub – capa 2:** Representada por sedimentos aluviales, saturados de agua, con valores de resistividad de  $25.1 - 50.2 \Omega\text{-m}$  y espesores de  $10.9 - 83$  metros.

### **Horizonte H3 o Capa Inferior**

Este horizonte profundo conformada por materiales rocosos alterados de baja conductividad presenta alta resistividad de  $273 - 867 \Omega\text{-m}$ , de espesor indefinido.

### **e. Perfil Geoeléctrico E-E'**

Este perfil integrado por los ensayos de SEV 07, SEV 09, SEV 12, SEV 13, SEV 15, realizados en el área del proyecto de exploración Chiptaj, presentan resultados de interpretación con los siguientes valores.

### **Horizonte H1 o capa superior Superficial**

Este horizonte H1, constituido por suelos residuales, aluviales y suelos orgánicos, fluvioglaciares, presencia de humedad, teniendo resistividades de  $20.4 - 1663 \Omega\text{-m}$  y de espesores que varían de  $0.75 - 4.28$  metros.



**Cuadro N° 4.71: Valores de resistividad verdadera Perfil E-E'**

N° SEV	Tipo de Curva	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4	Capa 5	Capa 6	Profundidad Última capa
SEV 07	QH	P-2205 E-0.684	P-1085 E-1.54	P-183 E-50.7	P-7855 E- $\alpha$			52.9 m.
SEV 08	KQH	P-35.1 E-0.50	P-704 E-0.434	P-46.9 E-18.3	P-11.9 E-20.2	P-4028 E- $\alpha$		-39.3 m.
SEV 09	QQA	P-1663 E-0.5	P-460 E-2.03	P-89.8 E-9.35	P-51.8 E-55.5	P-2564 E- $\alpha$		-687.3 m.
SEV 12	KHAA	P-20.4 E-0.595	P-303 E-0.666	P-9.03 E-2.56	P-37.2 E-17.1	P-7194 E- $\alpha$		-20.88 m.
SEV 13	KH	P-43.7 E-0.5	P-831 E-0.75	P-37.1 E-15.4	P-8642 E- $\alpha$			-16.61 m.
SEV 15	QQH	P-809 E-0.69	P-324 E-1.81	P-45.8 E-1.78	P-165 E-5.13	P-26.3 E-10.8	P-1181 E- $\alpha$	-20.24 m.

P: resistividad geo eléctrica en ohmios-metro  $\rho(\Omega \cdot m)$

E: espesor de la capa u horizonte en metros

Fuente: Elaboración Propia

### Horizonte H2

Este horizonte se subdivide en dos Sub-horizontes:

**Sub – capa 1:** Representada por suelos aluviales de materiales finos a granulares, fluvioglaciares, cuyas resistividades es de 165 - 704  $\Omega \cdot m$ , y espesores de 0.75 – 5.13 metros.

**Sub – capa 2:** Representada por aluviales rocosos alterados con matriz grueso a fino, húmedos, con valores de resistividad de 9.03 – 89.8  $\Omega \cdot m$  y espesores de 2.56 – 18.3 metros.

### Horizonte H3

Este horizonte profundo se asume rocas alterados saturado de agua presenta resistividad de 11.9 – 51.8  $\Omega \cdot m$ , de espesor de 10.8 – 55 metros.

### Horizonte H4

Este horizonte profundo se asume rocas inalterados de baja conductividad presenta alta resistividad de 1188 - 8642  $\Omega \cdot m$ , de espesor indefinido metros.



#### f. Perfil Geoelectrico F-F'

Este perfil integrado por los ensayos de SEV 12, SEV 14, SEV 16, realizados en el área de la Unidad minera de Chiptaj, que presenta resultados de interpretación con los siguientes valores.

**Cuadro N° 4.72: Valores de resistividad verdadera Perfil F-F'**

N° SEV	Tipo de Curva	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4	Capa 5	Capa 6	Profundidad Última capa
SEV 12	KHAA	P-20.4 E-0.595	P-303 E-0.666	P-9.03 E-2.56	P-37.2 E-17.1	P-7194 E- $\alpha$		-20.88 m.
SEV14	KHKH	P-32.4 E-0.5	P-639 E-0.614	P-41.7 E-2.84	P-308 E-5.64	P-20.5 E-12.9	P-7076 E- $\alpha$	-22.45 m.
SEV 16	QHKH	P-461 E-0.5	P-148 E-1.72	P-51.5 E-2.45	P-1868 E-5.77	P-56.1 E-21.5	P-7621 E- $\alpha$	-31.9 m.

P : resistividad geoelectrica en ohmios-metro  $\rho(\Omega \cdot m)$

E : espesor de la capa u horizonte en metros

Fuente: Elaboración Propia

#### Horizonte H1 o Capa Superior Superficial

Este horizonte H1, constituido por suelos residuales, aluviales y suelos orgánicos, fluvio-glaciares, presencia de humedad, teniendo resistividades de 20.4 - 461  $\Omega \cdot m$  y de espesores que de 0.6 metros promedio.

#### Horizonte H2

Este horizonte se subdivide en dos Sub-horizontes:

**Sub – capa 1:** Representada por suelos aluviales de materiales finos a granulares, fluvio-glaciares, cuyas resistividades es de 6.39 - 303  $\Omega \cdot m$ , y espesores de 0.6 – 1.7 metros.

**Sub – capa 2:** Representada por aluviales rocosos alterados con matriz grueso afinos, húmedos, con valores de resistividad de 41.7 - 1868  $\Omega \cdot m$  y espesores de 8.0 – 8.5 metros.



### Horizonte H3

Este horizonte presenta resistividad de 20.5 – 56.1  $\Omega$ -m, de espesor de 12.9 – 21.5 metros.

### Horizonte H4

Este horizonte profundo se asume rocas inalterados de baja conductividad presenta alta resistividad de 7076 - 7621  $\Omega$ -m, de espesor indefinido metros.

#### 4.2.7.3 Parámetros Hidrogeológicos Estimados

##### 1. Porosidad

La porosidad es la relación entre el volumen de huecos y el volumen total de una roca. Es un parámetro adimensional y depende únicamente de la constitución de la roca o suelo, es decir, de su textura característica, sin que intervenga la forma geométrica ni la potencia de la formación o su mecanismo de funcionamiento hidráulico en la naturaleza.

En estudios del movimiento del agua subterránea solo importan los poros interconectados y a veces los semicerrados. Así nace el concepto de porosidad eficaz que tiene en cuenta el volumen de estos poros respecto al volumen total del terreno natural considerado.

G.E. Archie dedujo que entre la resistividad  $\rho$  de una formación acuífera saturada no arcillosa, la resistividad  $\rho_e$  del agua del acuífero y la porosidad total  $P$ :

$$\rho = F\rho_e$$

$$F = \frac{1}{m^a}$$

Donde  $F$  es el llamado factor de formación y  $m$  es el coeficiente de cementación.



Se evaluaron los valores de resistividad hallados para cada SEV encontrándose una porosidad con la formulación anterior que es de 25%.

Para determinar la porosidad eficaz se aplica la siguiente relación:

$$m_e = m - B$$

Dónde:

$m_e$  : Porosidad Eficaz

$m$  : Porosidad Total

$B$  : Capacidad Especifica de Retención

De tablas se halló el valor de  $B = 15$ , con lo cual nos queda  $m_e$  con valor de 10%.

De la tabla de Porosidades Totales y Eficaces de *Hidrología Subterránea de E. Custodio* se extrajeron valores de  $m_e$  para formaciones de aluviones y depósitos glaciares que nos dan valores medios de 15% y mínimos de 5%. Comparando estos valores con los obtenidos empíricamente vemos que se encuentran dentro del rango a pesar de no tener en cuenta la presencia de arcillas en nuestro suelo, por lo que asumimos el valor de la porosidad efectiva en un 5%.

## 2. Coeficiente de Almacenamiento

Este coeficiente representa la capacidad para liberar agua de un acuífero. Se define como el volumen de agua que es capaz de liberar un prisma de base unitaria y de altura la del acuífero, cuando desciende 1 m el nivel piezométrico. Es, en consecuencia, un parámetro físico referido al volumen cedido por unidad de volumen de acuífero y, al igual que la porosidad, es adimensional.

En el área de estudio se observan pequeños acuíferos detríticos, del tipo libre, formados por los reducidos depósitos cuaternarios existentes. También se observan acuíferos fisurados formados por la roca volcánica que presenta meteorización.



Finalmente el basamento rocoso se puede considerar al volcánico que se halla a profundidades mayores a los 50 m.

En acuíferos libres el valor del coeficiente de almacenamiento es igual a la porosidad eficaz, con valores que van desde 0.05 hasta 0.30.

### 3. Permeabilidad

La permeabilidad es el parámetro que permite evaluar la capacidad de transmitir agua de una formación en función de la textura de la misma, sin relacionarla con su estructura o forma geométrica.

En 1856, el ingeniero Henry Darcy, descubrió la ley que regula el movimiento de las aguas subterráneas midiendo el caudal  $Q$  en función de la permeabilidad de los materiales estudiados y observo.

$$Q = KAi$$

Dónde:

- $Q$  : Caudal  
 $K$  : Coeficiente de Permeabilidad  
 $A$  : Área de recarga  
 $i$  : Gradiente Hidráulico

En campo se encontraron valores de permeabilidad para la capa superficial promedio de  $5.0 \times 10^{-3}$  cm/s lo cual nos indica la buena permeabilidad de esta capa. Para los siguientes horizontes se estimaran los valores de la permeabilidad ya que no se cuenta con datos de Sondajes y/o prospecciones.

**Cuadro N° 4.73:** Permeabilidades estimadas de las formaciones geológicas

Unidad Hidrogeológica	Unidad Formacional	Permeabilidad (cm/s)		
		Mínimo	Máximo	Promedio
Acuífero Detrítico <sup>(1)</sup>	Depósito Fluvioglacial	$1.00 \times 10^{-4}$	$1.00 \times 10^{-2}$	$5.00 \times 10^{-3}$
	Depósito Aluvial Morrénico	$1.00 \times 10^{-4}$	$1.00 \times 10^{-2}$	$5.00 \times 10^{-3}$



**Cuadro N° 4.73:** Permeabilidades estimadas de las formaciones geológicas  
(Continuación)

Unidad Hidrogeológica	Unidad Formacional	Permeabilidad (cm/s)		
		Mínimo	Máximo	Promedio
Acuífero Fisurado	Grupo Goyllarisquiza	$1.00 \times 10^{-5}$	$1.00 \times 10^{-3}$	$5.00 \times 10^{-4}$
Acuífero Kárstico	Formación Chulec	$1.20 \times 10^{-5}$	$1.20 \times 10^{-4}$	$6.60 \times 10^{-5}$
	Formación Pariatambo	$1.20 \times 10^{-5}$	$1.20 \times 10^{-4}$	$6.60 \times 10^{-5}$
Acuitardo Fisurado	Volcánico Calipuy	$1.20 \times 10^{-7}$	$1.20 \times 10^{-6}$	$6.60 \times 10^{-7}$

(1) Mediciones realizadas en campo

Fuente: Benítez 1972, Custodio 1996, Doménico et al. 1998, Fetter 2011

#### 4.2.7.4 Niveles Freáticos

De acuerdo a los estudios geofísicos realizados en la visita de campo a la zona de estudio se estimaron los niveles freáticos con la geofísica:

**Cuadro N° 4.74:** Niveles freáticos estimados en la zona del proyecto

N° SEV	Coordenadas UTM <sup>(1)</sup>		Cota (msnm)	Nivel Freático (m)	Nivel Freático (msnm)
	Este	Norte			
1	292 106	8 832 268	4425.00	3.49	4421.51
2	292 120	8 832 369	4412.00	4.08	4407.92
3	292 149	8 832 463	4411.00	2.76	4408.24
4	292 591	8 832 377	4425.00	1.33	4423.67
5	292 745	8 832 224	4451.00	0.97	4450.03
6	292 695	8 832 139	4475.00	1.16	4473.84
7	293 226	8 831 938	4487.00	2.22	4484.78
8	293 266	8 832 229	4420.00	0.93	4419.07
9	293 298	8 832 359	4420.00	2.00	4417.47
10	293 725	8 832 202	4445.00	5.27	4439.73
11	293 585	8 832 047	4442.00	1.66	4440.34
12	293 906	8 831 252	4560.00	1.27	4556.18
13	293 649	8 831 457	4525.00	1.25	4523.75
14	293 699	8 831 049	4575.00	9.59	4565.41
15	294 336	8 830 692	4582.00	4.28	4577.72
16	292 879	8 830 712	4812.00	4.67	4807.33

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.7.5 Unidades Hidrogeológicas

El área donde se ubica el proyecto de exploración Chiptaj se caracteriza por encontrarse fundamentalmente en una zona constituida por rocas volcánicas del Grupo Calipuy que se encuentran en contacto fallado y/o sobreyaciendo en forma discordante



a rocas sedimentarias del Cretáceo Inferior y Medio. Formaciones del tope del grupo Goyllarisquizga, y de las secuencias calcáreas margosas de los grupos Chulec y Pariatambo.

Las condiciones hidráulicas del subsuelo indican un sistema heterogéneo y anisótropo que consiste de sedimentos de moderada a buena permeabilidad y rocas fuertemente fracturadas, permeables, que han dado lugar a varios tipos de acuífero. En el área de influencia del Proyecto de Exploración Chiptaj existen diferentes tipos de unidades hidrogeológicas, siendo estas:

- ✓ Acuífero o Acuitardo Fisurado: Grupo Calipuy;
- ✓ Acuífero Fisurado: Grupo Goyllarisquizga (Chimú, Santa, Carhuaz, Farrat);
- ✓ Acuitardo Kárstico: Unidad Calcárea (Inca o Pariahuanca, Chulec, Pariatambo);
- ✓ Acuitardo Detrítico No Consolidado: Cuaternario (Depósitos Morrénicos);
- ✓ Acuitardo Detrítico: Cuaternario (Depósitos Aluviales).

## **4.3 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES A REALIZAR**

### **4.3.1 UBICACIÓN**

Las actividades exploratorias, materia del presente informe, estarán ubicadas dentro de los terrenos superficiales pertenecientes a: Fundo Pomaca cuyo titular es el Sr. Carlos Zubiaur, Predio Tilarniocc cuyo propiedad del Sr. Atencio y a la comunidad campesina San Sebastián de Tinta perteneciente a la jurisdicción del distrito de Gorgor, provincia de Cajatambo, región Lima.

Es importante indicar que esta área del proyecto exploratorio, se emplaza en una zona donde en el pasado se desarrollaron actividades mineras (antigua mina Chanca), actualmente existiendo pasivos ambientales mineros, que no son de responsabilidad de CMBBSAA.

En el Anexo N° B.4 del presente informe se adjunta el plano LB-01, en el que se visualiza la localización del proyecto.





En el siguiente cuadro se muestran las coordenadas referenciales UTM (punto central) donde se desarrollarán las actividades exploratorias:

**Cuadro N° 4.75:** *Coordenadas UTM del punto central de exploración minera*

Punto	Coordenadas UTM <sup>(1)</sup>		Altitud (msnm)
	Este	Norte	
Punto Central	294 267	8 832 867	4700

(1) Datum PSAD 56 – Zona 18L

Fuente: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

### 4.3.2 OBJETIVOS

#### 4.3.2.1 Objetivo General

El Proyecto de Exploración Chiptaj considera como objetivo general lograr información que permita evaluar la existencia de reservas económicas en la prolongación hacia el sector SW de una de las estructuras trabajadas en la antigua mina Chanca, se orientaran a cuantificar y determinar la calidad de las posibles reservas minerales existentes en dicha estructura. Si los resultados fueran positivos en cuanto a la identificación de reservas con valor económico, se evaluará pasar a una etapa de explotación minera subterránea, mediante la ejecución de un Estudio de Impacto Ambiental.

Los trabajos de exploración minera propuestas, tendrán el soporte de apoyo logístico las instalaciones y componentes considerados en la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) aprobada a favor de CMBSSAA.

#### 4.3.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar la continuidad y comportamiento geológico en profundidad y en longitud horizontal de la veta “El Poderoso” (Veta Techo y Veta Piso) y del sistema de la veta candelaria, a través de labores mineras subterráneas convencionales para reconocer la calidad y cantidad de posibles reservas minerales existentes en el proyecto de exploración. Este trabajo se ejecutará cumpliendo los estándares regulados por el Reglamento de Seguridad e Higiene Minera.



- Realizar las labores de exploración minera superficiales y subterráneas antes citadas, respetando y conservando el medio ambiente, razón por la cual, sea realiza el presente estudio de Certificación Ambiental.
- Realizar la evaluación socioeconómica de la zona considerando los aspectos de población, actividades económicas, culturales y arqueológicas, usos del territorio, la calidad ambiental actual y la calidad de vida de la población, así como los impactos ambientales que se prevé ocurrirían por las actividades consideradas en el proyecto de exploración, a fin de determinar adecuadas medidas de prevención y control.
- Elaborar el Plan de Manejo Ambiental (PMA), en el cual se incluirán las acciones y medidas necesarias para evitar o minimizar los efectos negativos generados por el proyecto, así como para potenciar los efectos positivos del mismo.
- Realizar el inventario de trabajos mineros preexistentes (Pasivos Ambientales).
- Elaborar un plan de cierre y abandono del área intervenida.

### **4.3.3 ACTIVIDADES MINERAS**

#### **4.3.3.1 Método de Exploración a Emplear**

En el “Proyecto de Exploración Chiptaj”, se emplearan dos (02) métodos de trabajos. El primero de ellos será mediante exploraciones subterráneas y el segundo a través de exploraciones superficiales (perforaciones diamantinas).

Para las perforaciones desde superficie se considera ejecutar un programa de veintiocho (28) perforaciones diamantinas con un estimado total de 7455 metros a partir de diecisiete (17) plataformas de perforación de 10 x 5.0 metros. Para las exploraciones subterráneas se ha considerado continuar la ejecución de la labor minera subterránea convencional iniciada durante la fase exploratoria (DIA), a la que se le ha denominado Cortada 3888 – Nivel 4458, así como la apertura de 08 nuevas labores.



Para el acceso hacia las plataformas de perforación diamantina se construirá 6110 m de trocha a las plataformas N° 10-14-15-16 HDD de 2.0 m. de ancho.

#### 4.3.3.2 Determinación del Área Efectiva de Exploración

##### 1. Poligonal del Área del Proyecto

La poligonal cerrada dentro del cual se encuentran las áreas involucradas para el presente proyecto exploratorio tiene las siguientes coordenadas UTM (Datum PSAD 56 – zona 18):

Es importante precisar que dentro de esta poligonal del “área del proyecto exploratorio” se encuentran las áreas específicas a ocupar por el emplazamiento de los componentes del proyecto.

**Cuadro N° 4.76:** Poligonal del Área Efectiva del proyecto

Punto	Este	Norte
B1	294 648.97	8 833 449.89
B2	295 569.31	8 833 449.89
B3	295 569.31	8 833 327.35
B4	295 278.87	8 833 327.35
B5	295 278.87	8 833 184.97
B6	293 891.54	8 831 849.49
B7	293 038.00	8 833 146.40
B8	292 186.53	8 833 230.20
B9	292 383.88	8 833 249.78
B10	293 250.00	8 833 207.00
B11	294 240.00	8 833 207.00
B12	294 240.00	8 833 247.00
B13	294 000.00	8 833 247.00
B14	294 000.00	8 833 350.00
B15	294 648.97	8 833 350.00

Fuente: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

El área que representa la suma de las poligonales del área del proyecto exploratorio, tiene una superficie de 3378.6 ha. Dentro de esta área se ubicarán las diecisiete (17) plataformas de perforación, las ocho (08) labores mineras, así como las diversas infraestructuras o instalaciones auxiliares (accesos, pozas, etc.) que forman parte del Proyecto de Exploración Chiptaj.



## 2. Área Efectiva a Disturbarse

Para la implementación de los componentes operativos de exploración, será necesario realizar trabajos de preparación, adecuación y en la mayoría de los casos una ligera nivelación del terreno superficial. Estas actividades en un principio serán ejecutadas en forma manual con la participación de mano de obra provista por la CMMBSAA, asimismo, probablemente será necesario el empleo de equipo pesado (cargador frontal), para el corte y la remoción de suelos. El total del área a ser disturbada por los diferentes componentes del proyecto de exploración, tiene una extensión total acumulada de 3.0 hectáreas.

### 4.3.3.3 Fases del Proyecto de Exploración

#### 1. Pre-Operación

Comprende las actividades de preparación y previas al inicio de las actividades de perforación propiamente dicha. Ello abarca el mapeo y muestreo de afloramientos superficiales, construcción de accesos de exploración (senderos), la remoción de la capa superficial terrestre y el almacenamiento de suelos removidos; asimismo, la habilitación y construcción de las plataformas, con el almacenamiento de top soil, y la construcción de los accesos secundarios hacia las plataformas de perforación, pozas de lodos, y plataformas para los componentes auxiliares y complementarios para la exploración (almacenamiento temporal de aditivos y combustible utilizados para la perforación, almacén temporal de insumos para la perforación, SSHHH, etc.). Se estima que esta etapa será de aproximadamente tres (03) meses.

#### 2. Operación

Las actividades a ser realizadas en esta fase son las de mayor tiempo de duración y permanencia en el proyecto de exploración y comprenden mayormente la preparación operativa de las plataformas de perforación diamantina, construcción de pozas para el manejo y control de los lodos de perforación, así como la continuidad de la ejecución de la labor minera subterránea (Cortada 3888, Nivel 4458). Además se ejecutara las demás labores subterráneas consideradas en el programa exploratorio (polvorín subterráneo definitivo, galerías, rampa, cortadas, chimeneas, etc.) y la



construcción de una caseta operativa para el personal de perforación, la instalación de baños químicos portátiles y la ejecución de la perforación propiamente dicha.

Estos trabajos de ejecución de labores subterráneas demandará un tiempo de aproximadamente veinticuatro (24) meses, es decir, 2.5 años.

### 3. Cierre y Post – Cierre

En esta fase se implementará el plan de cierre y post-cierre que permitan rehabilitar y recuperar los impactos ocasionados a los ecosistemas intervenidos y que de alguna forma hayan sido afectados y/o modificados, por las actividades y trabajos de exploración minera ejecutada.

Durante la etapa de cierre están comprendidas las actividades del cierre de las plataformas de perforación, pozas de sedimentación de lodos y sellado de los taladros (pozos) perforados, así como el cierre de los accesos secundarios (senderos) hacia las plataformas. Así también están comprendidas las actividades del cierre de las labores mineras subterráneas a ser ejecutadas, depósito de almacenamiento de desmontes definitivo, componentes auxiliares y complementarios, así como el cierre de los trabajos mineros antiguos (existentes en el área del proyecto). Se estima que los trabajos de cierre tendrán una duración de doce (12) meses, es decir, un año.

Si el resultado de la exploración fuera positivo y como consecuencia de los trabajos de exploración minera ejecutados se identifique reservas minerales con interés económico y suficientes para pasar a una etapa de explotación minera subterránea, varios de los componentes desarrollados/construidos quedarán como parte de las instalaciones, para dicho fin y serán exclusivos del cierre lo que se informará a la autoridad minera. Luego se procedería a realizar y presentar el correspondiente Estudio de Impacto Ambiental de Explotación. En caso contrario a lo señalado, se implementará el cierre definitivo de todos y cada uno de los componentes de exploración aperturados como parte de este proyecto.

Las labores del post cierre, comprenderán la implementación y seguimiento del plan de vigilancia y control sobre los componentes de calidad de agua superficial, durante el tiempo de doce (12) meses, es decir, un año.



#### 4.3.3.4 Trabajos de Exploración Superficial

##### 1. Plataformas de Perforación

Se considera construir diecisiete (17) plataformas en superficie de perforación diamantina, muy cerca a las carreteras actuales, de los cuales se ejecutaran 28 sondeos diamantinos por un estimado total de 7455 metros. En el cuadro siguiente se muestran los detalles de las plataformas y sondeos a efectuar:

**Cuadro N° 4.77: Plataformas de perforación diamantina**

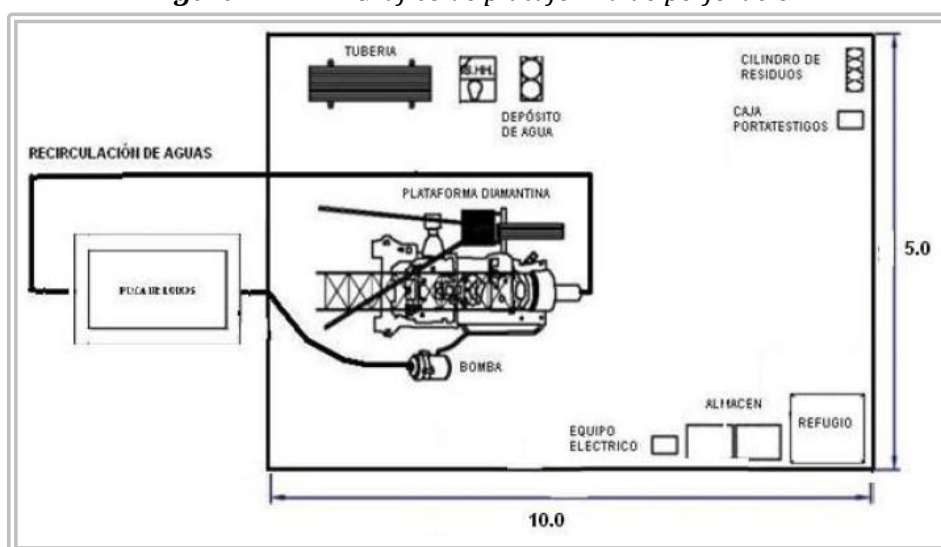
Plataforma	HDD	Coordenadas UTM <sup>(1)</sup>		Azimut	Inclinación	Longitud (m)
		Este	Norte			
Plat Can - 01	HDD Can 01	294 650	8 832 763	N 27° E	-41°	325
	HDD Can 02	294 650	8 832 763	N 10° E	-41°	325
Plat Can - 02	HDD Can 03	294 442	8 832 763	N 313° E	-52°	260
	HDD Can 04	293 286	8 831 929	N 352° E	-52°	230
Plat Can - 03	HDD Can 05	294 271	8 832 659	N 350° E	-40°	200
	HDD Can 06	294 271	8 832 659	N 312° E	-40°	200
Plat Can - 04	HDD Can 07	294 145	8 832 518	N 352° E	-30°	200
	HDD Can 08	294 145	8 832 518	N 328° E	-30°	200
Plat Can - 05	HDD Can 09	294 519	8 832 965	N 350° E	-40°	280
	HDD Can 10	294 519	8 832 965	N 305° E	-40°	280
Plat Can - 06	HDD Can 11	294 283	8 833 135	N 348° E	-45°	300
	HDD Can 12	294 283	8 833 135	N 330° E	-40°	300
	HDD Can 13	294 283	8 833 135	N 24° E	-40°	300
Plat Can - 07	HDD Can 14	294 267	8 832 867	N 327° E	-40°	200
Plat Can - 08	HDD Can 15	294 190	8 832 757	N 328° E	-45°	250
Plat Can - 09	HDD Can 16	294 970	8 832 425	N 349° E	-40°	300
Plat Can - 10	HDD Can 17	295 120	8 832 865	N 51° E	-45°	300
Plat Can - 11	HDD Can 18	295 193	8 833 302	N 316° E	-45°	300
Plat Can - 12	HDD Can 19	295 246	8 833 558	N 302° E	-45°	290
	HDD Can 20	295 246	8 833 558	N 324° E	-45°	290
Plat Can - 13	HDD Can 21	294 789	8 839 544	N 293° E	-40°	250
	HDD Can 22	294 789	8 839 544	N 323° E	-35°	220
	HDD Can 23	294 789	8 839 544	N 01° E	-30°	250
Plat Can - 14	HDD Can 24	294 887	8 834 212	N 300° E	-45°	235
Plat Can - 15	HDD Can 25	295 062	8 834 315	N 37° E	-45°	300
Plat Can - 16	HDD Can 26	294 233	8 834 358	N 298° E	-45°	270
	HDD Can 27	294 233	8 834 358	N 258° E	-45°	350
Plat Can - 17	HDD Can 28	294 148	8 833 277	N 322° E	-45°	250
<b>Total metros</b>						<b>7455</b>

(1) Datum PSAD 56 – Zona 18L

Fuente: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

Se estima que la longitud de perforación podrá oscilar entre 200 m. y 325 m. La longitud total estimada en el programa exploratorio para los 28 sondajes considerados, alcanzaría los 7455 metros de perforación diamantina. Asimismo, tal como se indica en el cuadro anterior, se ejecutará más de un sondaje en una misma plataforma, en todo caso, este escenario dependerá mucho de cómo se vayan dando los resultados de la perforación. La ubicación de los sondajes podrá variar, teniéndose en cuenta para ello mantener una distancia mínima de quebradas y/o bohedaes de al menos 50 mm.

**Figura N° 4.27:** Grafico de plataforma de perforación



Fuente: Elaboración propia

## 2. Pozas de sedimentación de lodos

Cada plataforma de perforación diamantina, considera tener una poza para el manejo y control de los lodos de perforación, donde sedimentarán los lodos y decantará el agua utilizada, que en lo posible será reciclada al proceso de perforación exploratorio. Cada una de las pozas proyectadas tendrán las siguientes dimensiones: 3.00 m de largo x 2.00 m de ancho y 1.50 m de profundidad.

La excavación realizada para este fin, será recubierta mediante la aplicación de una geomembrana, que permitirá impermeabilizar la base de la poza de lodos, permitiendo mediante un proceso de almacenamiento, sedimentación y decantación, separar las lamas, sólidos y restos de aditivos (lodos), productos de la perforación del agua que será reciclada al proceso.



#### 4.3.3.5 Labores Subterráneas

##### 1. Cortada 3888 – Nivel 4458

Se ha considerado continuar con la labor minera subterránea iniciada durante la primera fase Exploratoria (DIA), a la que se le ha denominado Cortada 3888 - Nivel 4458, dirigida a reconocer el comportamiento de la mineralización (continuidad y calidad) de las vetas “El Poderoso Techo” y “El Poderoso Piso”, se estima que el avance en esta etapa será de aproximadamente 150.00 metros longitudinales, dependiendo de los resultados que se obtengan.

La sección transversal aproximada de esta labor minera será de 2.4 m de alto x 2.4 m de ancho (5.8 m<sup>2</sup>), y será desarrollada sobre rieles y con el apoyo de una locomotora a baterías.

**Cuadro N° 4.78:** Descripción de la Cortada 3888

Nivel	Tipo de Labores	Veta	Longitud (m)	Sección (m)		Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
4458	Cortada 3888	El Poderoso Piso y el Poderoso Techo	150	2.4	2.4	5.76	864.0
	Galería 458	El Poderoso Piso y el Poderoso Techo	430	2.4	2.4	5.76	2476.8
	Estocada	--	60	2.1	2.1	4.41	264.6
	Chimenea en veta	El Poderoso Piso y el Poderoso Techo	125	2.4	1.5	3.6	450.0
	Rampa 01 (a partir de galería 458)	El Poderoso Piso y el Poderoso Techo	250	2.7	2.7	7.29	1822.5
	Rampa 2 (continuación de Rampa 1)	--	270	2.7	2.7	7.29	1968.3
	Rampa 3 (continuación de Rampa 2)	--	270	2.7	2.7	7.29	1968.3
	Rampa 04 (continuación de Rampa 3)	--	200	2.7	2.7	7.29	1458.0
	Ventanas	El Poderoso Piso y el Poderoso Techo	140	2.7	2.7	7.29	1020.6
	Chimenea de Servicios	--	300	2.4	1.5	3.6	1080.0
	Pozas de Bombeo	--	1	3.0	3.0	9.0	9.0
<b>Total</b>							<b>13 382.1</b>

Fuente: Elaboración propia





## 2. Otras Labores Subterráneas de Exploración Minera

El programa de exploración minera subterránea propuesto para el presente Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado (EIASd), considera también la ejecución de las siguientes labores mineras:

**Cuadro N° 4.79:** Programa de exploración minera subterránea

Nivel	Tipo de Labores	Veta	Longitud (m)	Sección (m)		Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
4490	Galería 490	Poderoso Techo	220	2.1	2.1	4.41	970.2
	Estocadas	--	40	2.1	2.1	4.41	176.4
4400	Galería 400	--	550	2.4	2.4	5.8	3168.0
	Estocados o ventas	El Poderoso Piso y el Poderoso Techo	60	2.1	2.1	4.4	264.60
	Chimeneas	El Poderoso Piso y el Poderoso Techo	240	2.4	1.5	3.6	864.00
4340	Galería 340	El Poderoso Piso y el Poderoso Techo	600	2.4	2.4	5.8	3456.00
	Estocados o ventas	--	100	2.1	2.1	4.4	441.00
	Chimeneas	El Poderoso Piso y el Poderoso Techo	360	2.4	1.5	3.6	1296.00
660-4750	Cx 966 W	Santo Toribio-100	105	2.4	2.4	5.76	604.8
	Gal 966-435	Santo Toribio	160	2.4	2.4	5.76	921.6
	Gal 966-500	100	100	2.4	2.7	6.48	648
	Chimenea en veta (3)	Santo Toribio - 100	120	2.1	1.5	3.15	378
	Estocadas	--	30	2.1	2.1	4.41	132.3
	Pozas Deslamadoras interior mina	--	5	2.7	2.7	7.29	36.45
590-4680	Gal 870 E	Presilda	150	2.4	2.4	5.76	864
	Gal 152 W	Shirley	180	2.4	2.4	5.76	1036.8
	Chimenea en veta (6)	Pres-Shirley	120	2.1	1.5	3.15	378
	Estocadas	--	50	2.1	2.1	4.41	220.5
	Pozas Deslamadoras interior mina	--	5	2.7	2.7	7.29	36.45
500-4585	Gal 910 W	Presilda	100	2.4	2.4	5.76	576
	Gal 197 SW	Shirley W	135	2.4	2.4	5.76	777.6
	Gal 195 NE	Shirley NE	100	2.4	2.4	5.76	576
	Chimenea en veta (8)	Pres – Shir W-NE	160	2.1	1.5	3.15	504
	Estocadas	--	70	2.1	2.1	4.41	308.7
	Pozas Deslamadoras	--	5	2.7	2.7	7.29	36.45
440- 4523	Gal 785 NE	Santo Toribio	330	2.4	2.4	5.76	1900.8
	Gal 964 NE	Silvia	250	2.4	2.4	5.76	1440
	Gal 962 NE	Shirley	160	2.4	2.4	5.76	921.6
	Gal 960 NE	Tarazca	120	2.4	2.4	5.76	691.2
	Chimenea en veta (5)	Sto Tor-Shi-Tar	120	2.1	1.5	3.15	378
	Estocadas	Sto Tor-Shi-Tar	100	2.1	2.1	4.41	441
	Pozas Deslamadoras interior mina	--	5	2.7	2.7	7.29	36.45
<b>Total</b>							<b>24 480.90</b>

Fuente: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.



#### **4.3.3.6 Depósito de Desmontes Generados por las Labores de Exploración Minera**

El programa de exploración antes detallado considera el desarrollo y ejecución de un total de aproximadamente 7046 metros lineales de labores mineras subterráneas, que generarán aproximadamente 37 863 m<sup>3</sup> de materiales de desmontes sólidos a ser el resultado de la exploración en la cortada 3888 y las otras labores subterráneas.

Para el almacenamiento de dichos desmontes a ser generados por las labores de exploración minera, se considera la implementación de un depósito de almacenamiento definitivo de desmontes que estará ubicado en el extremo oeste del proyecto de exploración, cuyo estudio de diseño, crecimiento y estabilidad física y geoquímica ha sido elaborado por la empresa consultora externa Rosales y Martel Ingeniería Andina S.A. (ROMAIA S.A.C.).

El diseño del depósito de desmonte fue realizado mediante la evaluación de las características geotécnicas del suelo de la cimentación, las propiedades físico-mecánicas del material de desmonte que conformaran los taludes proyectados, se evaluó la estabilidad física y química del citado depósito de desmonte y se proyectaron obras de diseño y de estabilización tanto físicas como químicas, considerando obras de drenaje de las aguas superficiales y subsuperficiales, especificaciones técnicas de las partidas que contemplan las obras de construcción del depósito de desmontes, finalmente se propone un programa de monitoreo durante y al final de la construcción del depósito de desmonte.

##### **1. Estabilidad Física (Geotécnica) del Depósito de Desmonte**

Los criterios de diseño físico para la implementación del depósito de almacenamiento de desmontes son los siguientes:

- ✓ Hidrología, que ha permitido dimensionar las obras de drenaje superficial;
- ✓ Investigaciones geotécnicas, que han permitido definir las condiciones geotécnicas de la cimentación de los desmontes y parámetros geotécnicos de los materiales de construcción;



- ✓ Evaluación y diseño geotécnico, que han permitido dimensionar el desmonte mediante los análisis de estabilidad contra desbordamiento, contra deslizamiento y contra erosión Interna.

En tal sentido, los criterios para el análisis de estabilidad y los factores de estabilidad obtenidos se presentan en las tablas siguientes:

**Cuadro N° 4.80: Criterios para el análisis de estabilidad**

Análisis	Condiciones del Análisis	Factores de Seguridad	Condiciones de Seguridad (American Society Civil Engineers Bureau of Mines of The United States)
Estático	Final de la Construcción	1.3	Periodos cortos y no produce perdidas de vida ni daños económicos.
	Operación a Largo Plazo	1.5	Puede ocurrir la pérdida de vidas humanas y daños económicos.
Pseudo Estático	Carga Sísmica	1.0	Periodo de retorno de aceleraciones sísmicas de 500 años.

Fuente: Estudio de Diseño por ROMAIA S.A.C

**Cuadro N° 4.81: Factores de seguridad obtenidos en el análisis de estabilidad**

Etapa	Condición	Talud Evaluado		Factores de Seguridad	
				Análisis Estático	Análisis Pseudo Estático (0.16g)
Almacenamiento de desmontes	Depósito Lleno	Aguas Abajo	2.0H:1.0V	1.763	1.143

Fuente: Estudio de Diseño por ROMAIA S.A.C

## 2. Estabilidad Geoquímica del Depósito de Desmonte

Al ser el material de desmonte del proyecto minero Chiptaj posible generador de DAR el depósito de desmonte contará con revestimiento de geo membrana a fin de reducir prácticamente a cero (recordar que no existe la impermeabilización perfecta) la posibilidad de infiltración de agua acida al subsuelo y un sedimentador a la salida del agua de subdrenaje.



#### 4.3.3.7 Vías de Accesos

##### 1. Acceso Principal

La vía de acceso principal hacia las inmediaciones del Proyecto de Exploración Chiptaj es la vía de uso público hacia el poblado de Cajatambo (existente), la misma que se encuentra en buen estado de conservación y habilitada para tránsito.

Esta vía de tránsito público cruza en dirección Este-Oeste (hacia el poblado de Cajatambo) por el extremo Norte de la concesión minera “Chacua 55”, “Aymara Viviana”, “Chanca BVNN”, “Aymara Diana”, así como al emplazamiento del proyecto de exploración y que será utilizada para la movilización y desmovilización de los equipos y maquinarias y el abastecimiento logístico del ingreso de insumos a ser utilizados en el proyecto, así como para el desplazamiento de ingreso y salida de los trabajadores del proyecto.

##### 2. Acceso Secundario

Entre los accesos secundarios a ser construido para la operación del proyecto durante esta etapa del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado (EIAsd), tenemos al que se dirige hacia el emplazamiento del depósito de almacenamiento de desmontes definitivo, el mismo que se encuentra ubicado hacia el sector oeste del proyecto, y requiere de la construcción de un acceso de aproximadamente 460.0 m y tendrá un ancho de aproximadamente 5.00 m, además se tiene previsto la construcción de trochas de acceso menor hacia las plataformas 110-14-15-166 HDD el cual tendrá aproximadamente 610 m y tendrá un ancho de 2.0 mm.

#### 4.3.3.8 Componentes Aprobados en la DIA a Ser Utilizados en el EIAsd

Para la ejecución del programa de exploración considerado en el presente Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado (EIAsd), se tiene previsto seguir haciendo uso de las siguientes instalaciones (componentes y servicios) aprobadas para la Declaración de Impacto Ambiental (DIA), como apoyo y soporte a las actividades exploratorias del proyecto:



**Cuadro N° 4.82: Componentes y servicios autorizados en la DIA del proyecto Chiptaj**

Ítem	Componente Aprobado en la DIA del Proyecto Chiptaj	Coordenadas UTM <sup>(1)</sup> Del Punto Central	
		Este	Norte
01	Campamento y Servicios	293 649.597	8 831 893.200
02	Oficinas	293 650.992	8 831 893.877
03	Vestuarios	293 643.034	8 831 893.420
04	Compresora (Aire Comprimido)	293 518.333	8 831 891.210
05	Pulmón de Aire	293 512.765	8 831 891.256
06	Equipo de abastecimiento de Energía Eléctrica	293 525.331	8 831 891.760
07	Poza sedimentadora de agua de mina	293 452.352	8 831 925.080
08	Taller de locomotora eléctrica	293 474.168	8 831 889.570
09	Taller de mantenimiento de reparaciones menores	293 495.051	8 831 892.800
10	Plataforma (desmontes) de acceso hacia bocamina	293 485.846	8 831 894.650
11	Trinchera sanitaria	293 810.255	8 831 890.640
12	Cancha de transferencia de residuos industriales	293 549.650	8 831 893.780
13	Plataforma de almacenamiento de "top soil"	293 541.538	8 831 888.570
14	Almacén de insumos (bodega)	293 621.462	8 831 893.570
15	Almacén de Combustibles	293 589.031	8 831 896.080
16	Almacén temporal de cajas testigos de perforación	293 559.154	8 831 891.780
17	Tanque séptico	293 694.142	8 831 899.760
18	Baño químico portátil	293 440.000	8 831 908.000

(1) Datum PSAD 56 – Zona 18L

Fuente: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

#### 4.3.3.9 Componentes auxiliares del presente EIAsd

Para la ejecución del programa de exploración considerado en el presente Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado (EIAsd), se tiene previsto contar con los componentes:

**Cuadro N° 4.83: Lista de componentes auxiliares**

Componente	Coordenadas UTM <sup>(1)</sup>	
	Este	Norte
Depósito de Desmonte	292 350	8 832 275
Tolva superficie	294 145	8 832 500
Poza de sedimentación Única salida de agua de mina	294 200	8 832 560
Campamento y oficinas: madera	294 731	8 832 608
Pozo séptico	294 737	8 832 602
Tubería para agua uso domestico	294 704	8 832 942
Tubería para agua uso industrial	294 588	8 833 053



**Cuadro N° 4.83: Lista de componentes auxiliares (Continuación)**

Componente	Coordenadas UTM <sup>(1)</sup>	
	Este	Norte
Tanques de polietileno	294 727	8 833 053
	294 659	8 832 877
	293 329	8 831 638
Reservorio de agua de concreto existente	294 430	8 833 070
Canal de agua de concreto existente	295 133	8 833 263
Trocha acceso menor a Plat 10 HDD	295 014	8 832 786
Trocha acceso menor a Plat 14-15-16 HDD	294 857	8 834 275
Rieles, tuberías etc. De interior de mina	-	-
Compresora, Grupo electrógeno	294 645	8 832 650
Trinchera auxiliar de Residuo domestico	294 050	8 833 460
Área de trinchera (Sanitaria y domestica)	293 810	8 831 888
Grifo provisional de combustible	294 740	8 832 625
Polvorín de explosivos y accesorios	293 430	8 831 828
Polvorín Provisional	293 365	8 831 942
Plataforma de Mineral	293 466	8 831 889
Plataforma de residuos Industriales	293 782	8 831 889
Vestuarios	293 634	8 831 893
Tanque séptico pozo de percolación	293 708	8 831 891
Oficina Principal	293 651	8 831 893
Bodega de Almacén	293 625	8 831 893

(1) Datum PSAD 56 – Zona 18L

Fuente: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

### 1. Poza de Sedimentación de Sólidos del Agua de Drenaje de Mina - Cortada 3888

La continuación de la labor minera subterránea (Cortada 3888 - Nivel 44558) iniciada con la Declaración de Impacto Ambiental (DIA), así como la ejecución de otras labores mineras subterráneas consideradas en el programa para el presente Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado (EIASd), eventualmente generarán drenaje de mina, motivo por el cual preventivamente en la DIA aprobada se consideró la implementación de una poza de sedimentación de sólidos, la cual ha sido construida aguas abajo de la bocamina de la Cortada 3888 – Nivel 4458, para almacenar y tratar físicamente (entrampe, almacenamiento, reposo, clarificación y decantación) el posible drenaje del agua de mina, de forma tal que el citado efluente minero tenga la calidad apropiada.

Se ha visto por conveniente considerar el rediseño de la citada poza de sedimentación de sólidos. El área que ocupará este componente será de aproximadamente 9.76 m<sup>2</sup>, la misma que ha sido diseñada teniendo en cuenta los



parámetros de cálculo hidrológico en la zona de emplazamiento de las labores mineras subterráneas. Sin embargo, ante la eventualidad de presentarse un mayor caudal y tener necesidad de una mayor capacidad de pozas para el tratamiento del agua de drenaje de mina, se podría implementar la construcción de otra poza de sedimentación gemela y adyacente a la primera, lo cual permitiría duplicar el volumen de tratamiento para la citada agua de drenaje de mina.

## **2. Pozas de Sedimentación de Sólidos Nivel 440**

Para el manejo y control del agua de un posible drenaje de mina, se ha ponderado y previsto construir una poza de sedimentación de sólidos que estará alejada de la bocamina Nv. 440. El área a ser disturbada por este componente es de 100 m<sup>2</sup>.

## **3. Polvorín Subterráneo para el Almacenamiento de Explosivos y Accesorios de Voladura**

Se tiene previsto que los explosivos y accesorios de voladura a ser utilizados en la ejecución de las labores mineras subterráneas consideradas en el programa de exploración del proyecto, serán almacenados en un polvorín subterráneo (definitivo Tipo BB), cuyas instalaciones serán construidas en la Cortada 3888 - Nivel 4458, donde se implementará y ejecutará la excavación y preparación de dos (022) cámaras separadas, la primera sobre un hastial y ubicada aproximadamente a 60.0 metros de la bocamina de la Cortada 3888 – Nivel 4458, destinada al almacenamiento de explosivos y la segunda ubicada en el extremo de la citada cortada (aproximadamente a 120.00 metros de la bocamina), destinada al almacenamiento de los accesorios de voladura, ambos componentes estarán diseñados para ser construidos apropiadamente y en forma segura, cumpliendo con las regulaciones del Reglamento de Seguridad e Higiene Minera, Decreto Supremo N° 0046-2001-EMM, y en razón de ser una construcción subterránea para ambos componentes. Su construcción e implementación no dará lugar a ningún área disturbada en superficie.



#### 4. Plataforma de Almacenamiento de Top Soil

Se ha considerado que la cobertura de suelo superficial será retirado y se procederá a almacenarlos en tres zonas, la primera en la misma plataforma de almacenamiento de top soil aprobada para la DIA, la misma que crecerá en sentido vertical, la segunda cerca al Nv. 440 y la tercera cerca al botadero principal, teniendo en conjunto un volumen de almacenamiento de 2043 m<sup>3</sup>.

Los suelos superficiales almacenados en esta pila, serán utilizados posteriormente para la rehabilitación progresiva de las áreas disturbadas durante las etapas de pre-operación, operación y para la rehabilitación final durante el cierre definitivo.

#### 5. Tratamiento del Agua de Mina

Para el tratamiento del agua de drenaje de mina se tiene previsto implementar la construcción de una poza de sedimentación de sólidos. El área que ocupará este componente será de aproximadamente 9.76 m<sup>2</sup>, la misma que ha sido diseñada teniendo en cuenta los parámetros de cálculo hidrológico en la zona de emplazamiento de las labores mineras subterráneas. Sin embargo, ante la eventualidad de presentarse un mayor caudal de agua con la profundización de las labores de exploración minera y tener necesidad de mayor volumen para el tratamiento del agua de drenaje de mina, se podría implementar la construcción de otras pozas de sedimentación gemela y adyacente a la primera, lo cual permitiría duplicar el volumen de tratamiento para la citada agua de drenaje de mina.

Todo el drenaje de mina que llegará a la poza antes descrita, tendrá un tratamiento físico mediante los procesos de: almacenamiento, reposo, sedimentación de sólidos por gravedad (hacia el fondo de la poza), clarificación del agua (hacia la parte superior) y drenaje por rebose, para ser transportada y descargada hacia la quebrada Auquín, por medio de otra tubería de HDPE de 4" de diámetro.

Los sólidos que se acumulen en las pozas de sedimentación como consecuencia de este tipo de tratamiento, periódicamente serán limpiados, evacuados y





una vez que se hayan deshidratado, serán trasladados hasta el depósito de almacenamiento de desmontes definitivo, para su disposición final.

#### **6. Agua de Mina Generada por las Rampas**

La generación de aguas de mina por la excavación de las rampas de exploración, serán captadas en una pequeña poza e impulsada a superficie mediante bombeo (Bomba sumergible Tipo Fly) y a través de una tubería de PVC de 4" de diámetro hasta la cuneta del Nivel 4458, por donde será evacuada por gravedad (pendiente de 5/1000) hasta la superficie (bocamina), a través de la cuneta de drenaje prevista (0.3 m x 0.3 m.), para luego ser transportada por medio de una tubería de HDDPE de 4" de diámetro hasta la poza de sedimentación del agua de mina.

#### **7. Agua de Mina Generada por las Labores del Nivel 4458**

La generación de aguas de mina por la excavación de las diferentes labores mineras subterráneas emplazadas en el Nivel 4458 (cortada, galerías, ventanas, chimeneas, etc.), serán evacuadas hasta superficie (bocamina) por gravedad (pendiente de 5/1000) a través de la cuneta de drenaje prevista (0.3 m x 0.3 m), para luego ser transportada por medio de una tubería de HDPE de 4" de diámetro, hasta la poza de sedimentación del agua de mina, para su tratamiento.

#### **4.3.3.10 Tratamiento del Agua de Infiltración de la Desmontera**

Para tratar el agua de infiltración en el emplazamiento o el cuerpo del depósito de almacenamiento de desmontes, se tiene previsto implementar la construcción de una poza de sedimentación de sólidos que estará ubicada en la parte baja del citado depósito de almacenamiento de desmontes, la misma que ha sido diseñada teniendo en cuenta los parámetros de cálculo hidrológico en la zona de emplazamiento del mencionado depósito de almacenamiento de desmontes.



El agua del sistema de infiltración captada por el sistema de drenaje de la desmontera, será recolectada en cajas de captación, desde donde se conducirá mediante una tubería hacia la poza de sedimentación, donde tendrá un tratamiento físico mediante los procesos de: almacenamiento, reposo, sedimentación de sólidos por gravedad, clarificación del agua y drenaje por rebose, para ser transportada y descargada hacia la quebrada Chanquillo, por medio de una tubería de HDPE de 6" de diámetro.

Los sólidos que se acumulen en las pozas de sedimentación serán limpiados, evacuados y una vez que se hayan deshidratado, serán trasladados hasta el depósito de almacenamiento de desmontes definitivo, para su disposición final.

#### 4.3.3.11 Plataforma de Almacenamiento Temporal de Mineral

La ejecución de las labores de exploración minera consideradas en el programa exploratorio y especialmente las que serán ejecutadas sobre veta (Galerías y Chimeneas), eventualmente podrían generar mineral con valores económicos, en cuyo caso para su almacenamiento temporal se ha previsto almacenar de manera temporal este material en la actual plataforma construida que da acceso hacia la cortada 3888, Nivel 4458. Este tendrá un área de 50.15 m<sup>2</sup>. El mineral que pudiera ser acumulado en esta plataforma temporal, será trasladado periódicamente hacia el Proyecto Mallay o Uchucchacua que también pertenece a CMMBSAA. Otra alternativa será construir tolvas de madera en las bocaminas para su almacenamiento y posterior traslado mediante volquetes hacia la unidad de Mallay o de Uchucchacua. Las coordenadas UTM de la cancha temporal descrita se señala en la siguiente tabla y el área prevista para su implementación será de aproximadamente 50 m<sup>2</sup>.

**Cuadro N° 4.84:** *Coordenadas UTM de la plataforma de almacenamiento de mineral*

Vértice	Coordenadas UTM <sup>(1)</sup>	
	Este	Norte
1	293 473	8 831 892
2	293 473	8 831 887
3	293 465	8 831 888
4	293 461	8 831 888
5	293 461	8 831 892
Área		0.0050 Hectáreas

Fuente: Elaboración propia



#### 4.3.3.12 Plano de Componentes del Proyecto

En el Anexo N° B.4, se presenta la ubicación general de los componentes del proyecto.

#### 4.3.3.13 Volumen Estimado del Consumo de Agua Doméstico y Poblacional

##### 1. Fuente de Abastecimiento

El agua para consumo doméstico ((alimentos, bebida, etc.) en el área del proyecto (perforación) será adquirida fuera del proyecto y trasladada en bidones de 20 litros, cuyo suministro se ha previsto hacerlo en la cantidad de dos (02) bidones cada dos (02) días, tomándose la precaución de tener cuatro (04) bidones en “stand by” como medida de contingencia. Los bidones vacíos y utilizados, no serán considerados como residuos sólidos, ya que serán renovados constantemente al momento de realizar la compra de reabastecimiento.

El agua para el uso humano o poblacional (alimentos, bebida e higiene personal de los trabajadores del proyecto), será a partir del sistema de abastecimiento que será implementado para los trabajadores durante su permanencia y de la supervisión del titular minero y de las empresas contratistas de perforación diamantina y labor minera subterránea en el campamento de exploración. El sistema de abastecimiento será a partir de dos puntos de captación el primero ubicado en la parte media alta de la quebrada Auquín, donde se implementará una pequeña poza de captación ubicada y el segundo sistema de abastecimiento será a partir de un punto de captación ubicado en la compuerta de la bocatoma de la laguna Tocto en las siguiente cuadro se muestran sus coordenadas:

**Cuadro N° 4.85: Ubicación del punto de abastecimiento de agua**

Componente	Coordenadas UTM <sup>(1)</sup>		Altitud msnm
	Este	Norte	
Punto de Captación de Agua de Consumo Poblacional e Industrial	293 975	8 830 985	4548
Bocatoma Laguna Tocto	295 381	8 833 427	4771

(1) Datum PSAD 56 - Zona 18L

Fuente: Elaboración propia



## 2. Consumo

En el campamento el agua destinada para el consumo humano o poblacional, donde se contará con una pequeña oficina, viviendas, comedor, almacén, SSHH, etc., y teniendo en cuenta que la población de trabajadores a ser utilizados será en total de un máximo de 148 trabajadores durante la fase de ejecución de las labores mineras subterráneas y perforaciones diamantinas, y teniendo como patrón de consumo un promedio diario de agua de 80 litros diarios por trabajador, y considerando 26 días de trabajo por mes, se estima que durante la fase de exploración el consumo aproximado de agua poblacional será de 0.021 l/s, es decir, un volumen total aproximado de 307 840 m<sup>3</sup> por mes.

En el cuadro siguiente se muestra el resumen del consumo de agua poblacional aproximado para las diferentes etapas del Proyecto de Exploración Chiptaj.

**Cuadro N° 4.86:** Consumo de agua poblacional del proyecto de exploración Chiptaj

Etapas	Número de Trabajadores	Volumen Consumo Diario (m <sup>3</sup> /día)	Volumen Consumo Mensual (m <sup>3</sup> )	Total de Volumen (m <sup>3</sup> )
Pre-Exploración	28	2.24	58.24	174.72
Exploración	148	11.84	307.84	9235.2
Cierre	22	1.76	45.76	549.68
Post Cierre	08	0.640	16.64	199.68
<b>Total Promedio</b>	<b>206</b>	<b>16.48</b>	<b>428.48</b>	<b>24423.36</b>

Fuente: Elaboración propia

### 4.3.3.14 Volumen Estimado del Consumo de Agua Consumo Industrial

Para el desarrollo de las actividades de exploración del proyecto destinadas a las actividades de perforación, en tiene previsto su abastecimiento a partir de un punto de captación ubicado en la parte media alta de la quebrada Auqui y laguna Tocto, donde se construirá una pequeña poza de captación de agua, para ser derivada por gravedad hacia las áreas de consumo (perforación diamantina y ejecución de la labor minera subterránea), mediante la instalación de una tubería de PVC de 3" de diámetro, disponiendo de una tanque de almacenamiento y distribución antes de llegar al lugar de consumo.



CMBSAA acreditará la autorización por la autoridad sectorial antes del inicio de los trabajos exploratorios, para el uso de agua con fines mineros. El punto de captación del agua de consumo para la exploración minera será en la quebrada Auquín y tendrá las siguientes coordenadas UTM:

**Cuadro N° 4.87: Ubicación del punto de abastecimiento de agua**

Componente	Coordenadas UTM <sup>(1)</sup>		Altitud msnm
	Este	Norte	
Punto de Captación de Agua de Consumo Poblacional e Industrial	293 975	8 830 985	4548
Bocatoma Laguna Tocto	295 381	8 833 427	4771

(1) Datum PSAD 56 – Zona 18L

Fuente: Elaboración propia

**Perforación de Laboreo Minero Subterráneo:** Se estima que para la ejecución del programa del laboreo minero subterráneo de aproximadamente 7455 metros lineales, el consumo de agua en los trabajos de perforación será de aproximadamente 1.5 m<sup>3</sup> por disparo ejecutado, consecuentemente, en razón que se estima realizar aproximadamente 5025 disparos, el volumen total de agua a ser consumida durante la perforación de la labor subterránea será el siguiente:

$$5025 \text{ disparos} \times 1.5 \text{ m}^3 = 7537.5 \text{ m}^3$$

El consumo de agua industrial para la ejecución de las labores mineras subterráneas programadas, se resume en el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 4.88: Consumo de agua industrial requerido para el proyecto Chiptaj**

Actividad	Número de Disparos Programados	Volumen de Agua Requerido / Disparos (m <sup>3</sup> )	Consumo Teórico Total Requerido (m <sup>3</sup> )
Perforación en Labor Minera Subterránea	5025	1.5	7537.5
<b>Consumo Total de Agua Industrial</b>			<b>7537.5</b>

Fuente: Elaboración propia

**Perforaciones Diamantinas:** Se estima que el consumo de agua industrial para la ejecución de 7455 metros de perforaciones diamantinas será de 312 m<sup>3</sup>/mes.



#### **4.3.3.15 Generación de Aguas Residuales**

##### **1. Aguas Residuales Industriales de Mina**

El efluente de mina será derivado a pozas de sedimentación para separar por densidad los sólidos (lodos hacia el fondo) de los líquidos (agua clarificada hacia la superficie), y que será evacuada al medio ambiente da través de la quebrada Auquín. Para las aguas generadas en las labores a efectuarse en la concesión Amarra Viviana y Aimara Diana se tiene previsto construir una poza de sedimentación de sólidos, que estará ubicada distante de la bocamina del nivel 440.

##### **2. Aguas Industriales por Perforaciones Diamantinas**

El agua generada por la perforación de los sondajes de exploración, compuestos por los lodos de perforación diamantina (líquido y sólidos), previamente será derivada y depositados en las pozas de sedimentación de lodos, para ser separados por acción de la diferencia de sus densidades.

El proyecto considera el agua que se use será reutilizada nuevamente en la perforación (reciclaje). En consecuencia, no habrá efluentes de agua industrial por la perforación diamantina. Es importante precisar dentro del área prevista para cada plataforma de perforación, se habilitará las pozas de recuperación de lodos de manera que permitirá la recirculación del agua de perforación evitando la generación de efluentes y optimizando el agua.

##### **3. Aguas Residuales Domésticas**

No se prevé generación de aguas residuales domésticas. El proyecto considera el uso de baño químico portátil, ubicados en las inmediaciones de la bocamina, que luego serán retirados por el proveedor de los baños químicos portátiles, y/o a través de una EPS debidamente autorizada por DIGESA. Además el personal del proyecto será capacitado y entrenado en el sistema de mantenimiento de este tipo de servicios ((baños químicos portátiles).



En el campamento (viviendas, oficinas, comedor, etc.) del proyecto de exploración, conceptualmente se ha considerado que el factor de descarga de aguas residuales será 23.0 l/hab/día; y que para un máximo de 148 trabajadores que ocupará el proyecto durante la fase de exploración propiamente dedica (laboreo minero subterráneo y perforaciones diamantinas), se estima que el volumen de agua de desecho doméstico será de 4738 l/día, es decir, 4.7 m<sup>3</sup>/día, que en resumida cuenta, serán tratadas en el tanque séptico, con pozos de absorción considerados en la DIA aprobada y adicionalmente se instalará un sistema compuesto por una poza o tanque séptico y su pozo de percolación.

**Cuadro N° 4.89:** Aguas residuales domésticas generadas - proyecto de exploración  
*Chiptaj*

<b>Etapas</b>	<b>Número de Trabajadores</b>	<b>Generación Diaria (l/día)</b>	<b>Volumen Generación Mensual (m<sup>3</sup>)</b>
Pre-Exploración	28	644	16 744
Exploración	148	3404	88 504
Cierre	22	506	13 156
Post Cierre	08	184	4784
<b>Total Promedio</b>	<b>206</b>	<b>4738</b>	<b>123 188</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.4 TRABAJADORES REQUERIDOS PARA EL PROYECTO

La fuerza laboral comprende las diferentes etapas del proyecto será en total de 206. Sin embargo se ha previsto la participación de un total de 116 personas que trabajarán en la etapa de perforación y desarrollo del proyecto de exploración (ejecución de las labores subterráneas) y 32 que trabajarían en las perforaciones diamantinas, los cuales comprenden: profesionales y supervisores de Compañía de Minas Buenaventura S.A.A., supervisión y personal de la empresa contratista, así como mano de obra no calificada de la población local. Para selección de los puestos de trabajo de mano de obra no calificada, se dará preferencia a los pobladores más cercanos al área del Proyecto de Exploración Chiptaj (CC de San Sebastián de Tinta y comuneros adyacentes).

En el siguiente cuadro se indica la fuerza laboral a ser usada durante las diferentes etapas del proyecto, que incluye el personal de relevo por cambio de guardia en el sistema de trabajo a ser empleado. Asimismo, se puede notar que el total de



trabajadores requeridos durante las diferentes etapas del proyecto (construcción: 28 trabajadores; laboreo minero subterráneo: 116 trabajadores; perforaciones diamantinas 32 trabajadores; cierre: 22 trabajadores y post cierre: 08 trabajadores), lo que resulta con un total de 2006 trabajadores para todo el proyecto; y evidentemente, durante la etapa de mayor importancia del proyecto y de máximo requerimiento de mano de obra (calificada y no calificada), que es la que corresponde a la de ejecución de las labores mineras subterráneas, se tendrán 68 trabajadores (solo en dicha etapa mencionada).

**Cuadro N° 4.90: Fuerza Laboral del Proyecto de Exploración Chiptaj**

Actividades	Construcción	Ejecución Perforación y Labor Minera	Perforación Diamantina	Cierre	Post Cierre	Total
Supervisión y Técnico de CMBSAA	04	03	10	04	2	23
Empresa Contratista Para Ejecución de Labor Minera	00	84	12	00	00	96
Obreros No Calificados y Servicios	24	29	10	18	06	87
<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>116</b>	<b>32</b>	<b>22</b>	<b>8</b>	<b>206</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.5 CRONOGRAMA MENSUAL DE LAS ACTIVIDADES DE EXPLORACIÓN

En el Cuadro N° 4.91 se presenta el cronograma mensual de las actividades de exploración a realizarse durante el proyecto de exploración Chiptaj.





**Cuadro N° 4.91: Cronograma de la actividad minera**

Fase y Actividades de Exploración		Año 01				Año 02				Año 03				Año 04				Año 05		
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III
Pre Exploración	Acceso hacia la desmontera																			
	Limpieza y Acondicionamiento de plataformas																			
Exploración	Implementación y crecimiento de la desmontera																			
	Labores mineras subterráneas																			
	Perforaciones diamantinas																			
Evaluación de resultados																				
Actividades de Cierre	Estabilidad física accesos																			
	Estabilidad física bocamina																			
	Estabilidad geoquímica bocamina																			
	Cierre plataformas de servicios																			
	Revegetación áreas disturbadas																			
	Cierre progresivo de plataformas																			
	Monitoreo de calidad de agua																			
Actividades de Post Cierre	Inspección estabilidad física plataformas																			
	Inspección estabilidad física bocamina																			
	Inspección estabilidad física bocamina																			
	Inspección Estabilidad geoquímica bocamina																			
	Inspección de área revegetadas																			
	Monitoreo de calidad de agua																			

Fuente: Elaboración propia

## 4.4 OBRAS DE CONTROL HÍDRICO

### 4.4.1 CANAL DE CORONACIÓN

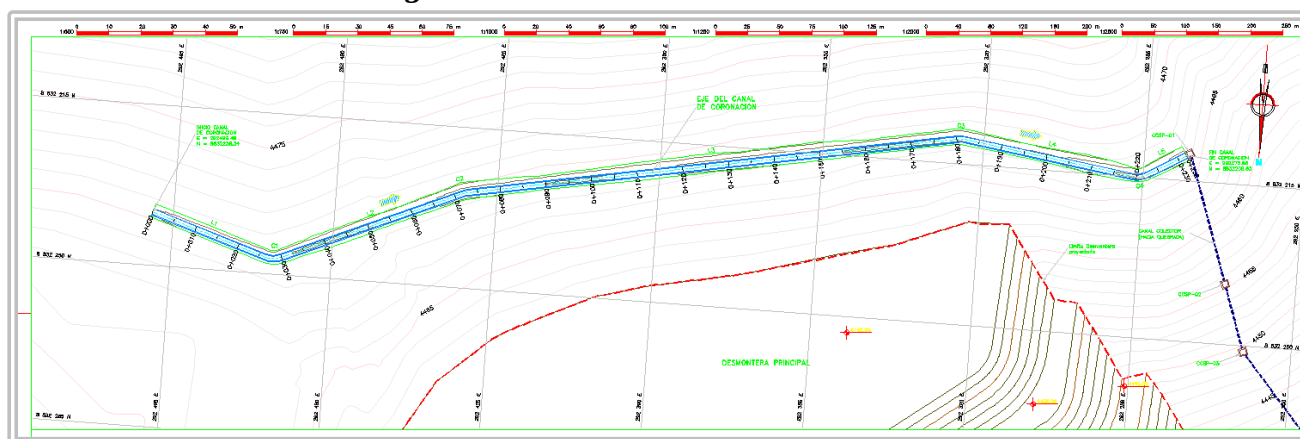
El canal de coronación ha sido concebido con la finalidad de proteger el depósito de desmonte del proyecto de exploración minera Chiptaj ante eventos de avenidas y no permitir el contacto del agua de escorrentía con materiales contaminantes, que puedan generar riesgos ambientales y peligros a la salud pública, teniendo en cuenta que el material de desmonte es generador de drenaje ácido.

A continuación se muestran los pasos seguidos para el diseño del canal de coronación:

#### a. Trazo del Canal de Coronación

El trazo se realizó sobre un plano topográfico con curvas de nivel con curvas de nivel a cada metro. El trazo fue realizado con el objetivo primario de proteger al depósito de desmonte por lo que el trazo debe cubrir toda la amplitud del área drenante que se encuentra en la parte superior del depósito de desmonte.

**Figura N° 4.28: Trazo del canal de coronación**



Fuente: Elaboración propia

#### b. Radios Mínimo

Debido al poco caudal que llevará el canal ( $0.136 \text{ m}^3/\text{s}$ ) se asume el radio mínimo en 5 m de acuerdo al Cuadro N° 3.3.

### c. Rasante de un Canal

La rasante del trazo realizado se superpone sobre el terreno evitando en lo posible cortes de gran volumen. Las pendientes varían entre -1.0% y -4.3%. Para mayor detalle véase el Anexo C.4 Planos.

### d. Diseño de la Sección Hidráulica

Para dimensionar el canal se utilizará la menor y mayor pendiente que se observan en el perfil longitudinal, luego con los siguientes datos y haciendo algunas consideraciones se tiene:

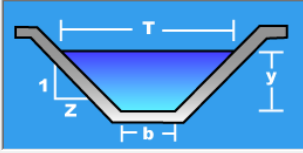
- ✓ Caudal de diseño  $Q = 0.136 \text{ m}^3/\text{s}$
- ✓ Tipo de canal: Trapezoidal
- ✓ Revestimiento del canal: Mampostería de piedra
- ✓ Coeficiente de Manning:  $n = 0.024$
- ✓ Pendiente  $S = 1.0\%$  y  $4.3\%$
- ✓ Ancho de la base:  $b = 0.40 \text{ m}$
- ✓ Talud  $z = 1$

**Figura N° 4.29:** Resultados para el canal de coronación con  $S = 1.0\%$

Lugar:	CANAL DE CORONACIÓN	Proyecto:	DESMONTERA CHIPTAJ
Tramo:		Revestimiento:	MAMPOSTERÍA





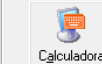
  

<b>Datos:</b>	
Caudal (Q):	0.136 m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	0.4 m
Talud (Z):	1
Rugosidad (n):	0.024
Pendiente (S):	0.01 m/m

<b>Resultados:</b>			
Tirante normal (y):	0.2098 m	Perímetro (p):	0.9935 m
Área hidráulica (A):	0.1280 m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	0.1288 m
Espejo de agua (T):	0.8197 m	Velocidad (v):	1.0627 m/s
Número de Froude (F):	0.8587	Energía específica (E):	0.2674 m·Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico		

Fuente: Elaboración Propia

**Figura N° 4.30:** Resultados para el canal de coronación con  $S = 4.3\%$

**Lugar:** CANAL DE CORONACIÓN **Proyecto:** DESMONTERA CHIPTAJ  
**Tramo:** **Revestimiento:** MAMPOSTERÍA

**Datos:**  
Caudal (Q): 0.136 m<sup>3</sup>/s  
Ancho de solera (b): 0.4 m  
Talud (Z): 1  
Rugosidad (n): 0.024  
Pendiente (S): 0.043 m/m

**Resultados:**  
Tirante normal (y): 0.1400 m  
Área hidráulica (A): 0.0756 m<sup>2</sup>  
Espejo de agua (T): 0.6800 m  
Número de Froude (F): 1.7223  
Tipo de flujo: Supercrítico

Perímetro (p): 0.7960 m  
Radio hidráulico (R): 0.0950 m  
Velocidad (v): 1.7987 m/s  
Energía específica (E): 0.3049 m-Kg/Kg

Botones: Calcular, Limpiar Pantalla, Imprimir, Menú Principal, Calculadora

Fuente: Elaboración Propia

Con las consideraciones señaladas y con la aplicación del software H-Canales, se obtuvieron los siguientes parámetros hidráulicos:

**Cuadro N° 4.92:** Parámetros hidráulicos del canal de coronación

Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Base (m)	Talud	Rugosidad	Pendiente (m/m)	Tirante Normal (m)	Velocidad (m/s)	Número de Froude
0.136	0.40	1.00	0.024	0.010	0.210	1.063	0.859
0.136	0.40	1.00	0.024	0.043	0.140	1.799	1.722

Fuente: Elaboración Propia

#### e. Borde Libre

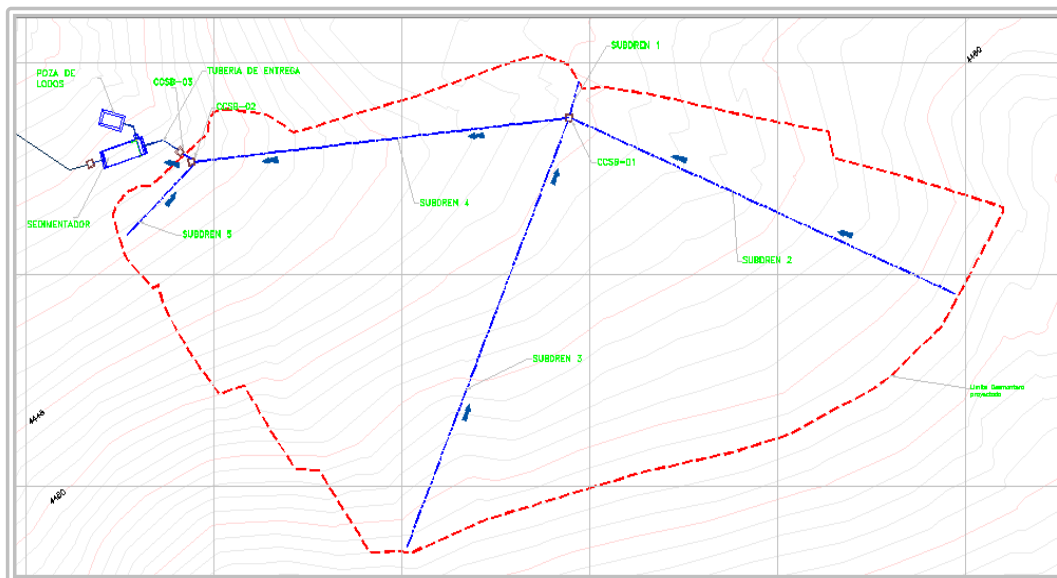
EL borde libre se asumió en 10 cm de acuerdo a lo establecido por el Ministerio de Agricultura y Alimentación en el Boletín Técnico N- 7 "Consideraciones Generales sobre Canales Trapezoidales".

### 4.4.2 SISTEMA DE SUBDRENAJE

#### a. Trazo del Sistema de Subdrenaje

Se realizaron los trazos del sistema de subdrenaje quedando la configuración de la siguiente manera:

**Figura N° 4.31: Sistema de subdrenaje**

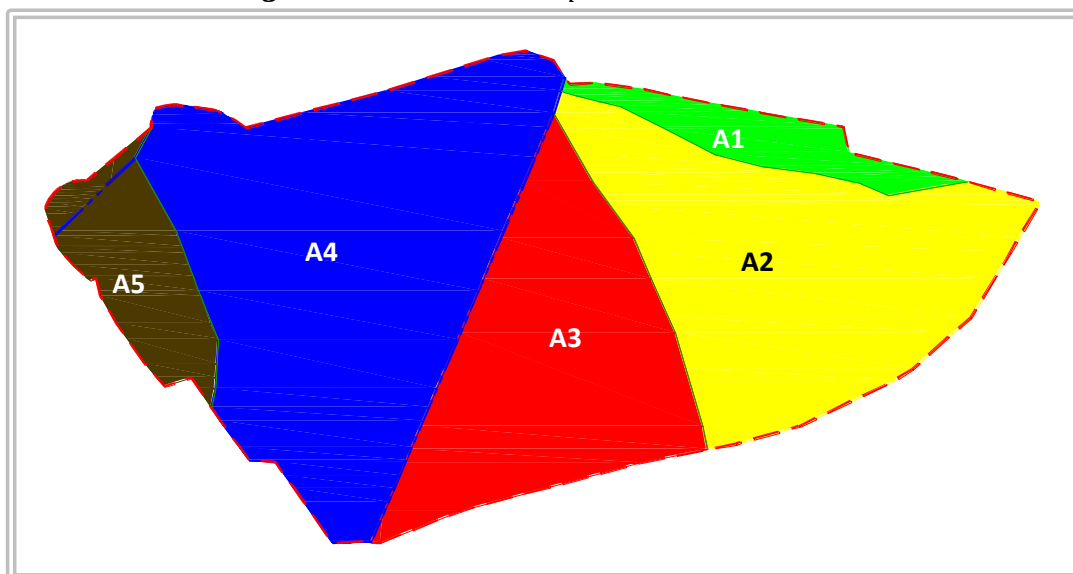


Fuente: Elaboración propia

#### **b. Caudal de diseño**

Una vez realizado el trazo preliminar se hallaron las áreas de aporte a cada subdren, tal como se puede apreciar a continuación:

**Figura N° 4.32: Áreas de aporte a los subdrenes**



Fuente: Elaboración propia



A continuación se usa la relación planteada en el ítem 3.2.3.2 y se halla el caudal de diseño a partir de la intensidad de lluvia y el área de aporte. En nuestro caso la intensidad de lluvia fue hallada a partir de la curva IDF, utilizando el máximo valor de intensidad horaria para un tiempo de retorno de 100 años, para luego hallar el valor que se infiltra multiplicando la tasa de infiltración (máxima tasa de infiltración mensual obtenida del balance hídrico de la microcuenca Chanquillo para un escenario húmedo) por la intensidad de lluvia. En el cuadro siguiente se presentan las áreas de aporte y los caudales para cada subdren:

**Cuadro N° 4.93: Caudal de diseño para subdrenes**

Subdren	Área (m <sup>2</sup> )	q (m/h)	Q <sub>d</sub> (m <sup>3</sup> /día)	Q <sub>d</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>d</sub> (l/s)
N° 1	500.42	0.0026	1.3011	0.0004	0.4
N° 2	3085.11	0.0026	8.0213	0.0022	2.2
N° 3	2430.67	0.0026	6.3197	0.0018	1.8
N° 4	4244.94	0.0026	11.037	0.0031	3.1
N° 5	710.27	0.0026	1.8467	0.0005	0.5

Fuente: Elaboración Propia

#### c. Pendiente

Las pendientes de los subdrenes trazados se muestran a continuación:

**Cuadro N° 4.94: Pendientes de los subdrenes**

Subdren	Pendiente (%)	
	Mínima	Máxima
N° 1	5.9	5.9
N° 2	11.4	17.1
N° 3	3.7	21.3
N° 4	10.7	16.2
N° 5	4.4	4.4

Fuente: Elaboración Propia

#### g. Diseño Hidráulico

Se asume flujo uniforme en las secciones de los subdrenes y que las tuberías serán de plástico corrugado. Se aplica la ecuación de Manning ya que la tubería se debe comportar como un canal funcionando al 50% del diámetro:

Con la ecuación de Manning se obtienen los siguientes resultados:

**Cuadro N° 4.95: Diámetro preliminar de subdrenes**

Subdren	$Q_d$ (m <sup>3</sup> /s)	Pendiente (m/m)		D (m)	
		Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
N° 1	0.0004	0.059	0.059	0.0310	0.0310
N° 2	0.0022	0.114	0.171	0.0520	0.0482
N° 3	0.0018	0.037	0.213	0.0595	0.0429
N° 4	0.0075	0.107	0.162	0.0833	0.0771
N° 5	0.0005	0.044	0.044	0.0356	0.0356

Fuente: Elaboración Propia

**Figura N° 4.33: Dimensionamiento subdren N° 1**

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente se castigan los diámetros hallados anteriormente con un factor de 1.10, a fin de evitar la pérdida de área por efectos de sedimentación, y se redondea al diámetro comercial más cercano.

**Cuadro N° 4.96: Diámetro de subdrenes**

Subdren	D (m)	1.10D (m)	1.10D (pulg)	D <sub>comercial</sub> (pulg)	V (m/s)
N° 1	0.031	0.034	1.34	2	1.02
N° 2	0.052	0.057	2.25	3	2.03
N° 3	0.060	0.066	2.60	3	1.28
N° 4	0.083	0.091	3.59	4	2.73
N° 5	0.036	0.040	1.56	2	0.98

Fuente: Elaboración Propia



#### 4.4.3 POZA DE SEDIMENTACIÓN

A partir de los siguientes datos se realizó el diseño de la poza de sedimentación:

✓ Caudal de diseño (Q)	= 8.00 l/s
✓ Diámetro de Arena (d)	= 0.002 cm
✓ Temperatura del agua (T)	= 10.0 °C
✓ Viscosidad cinemática del agua (n)	= 0.01 cm <sup>2</sup> /s
✓ Densidad relativa de la arena ( $\rho_s$ )	= 2.65
✓ Ancho zona de sedimentación (B)	= 3.00 m
✓ Longitud de entrada cortina distribui. ( $L_1$ )	= 0.80 m
✓ Pendiente de fondo (S)	= 5%
✓ Velocidad de paso ( $V_0$ )	= 0.10 m/s
✓ Altura de la poza de sedimentación (H)	= 1.50 m
✓ Diámetro de orificios en la cortina ( $D_0$ )	= 2.00 pulg
✓ Número de filas de orificios (Nf)	= 5
✓ Número de columnas de orificios (Nc)	= 8

Una vez definida la información anterior se realizaron los siguientes pasos para el dimensionamiento de las pozas de sedimentación:

1) Se calcula la velocidad de sedimentación con la siguiente expresión:

$$V_s = \frac{1}{18} g \frac{\rho_s - 1}{n} d^2$$

$$V_s = 0.0004 \text{ m/s}$$

2) Se calcula el área superficial ( $A_s$ ):

$$A_s = \frac{Q}{V_s} = 22.47 \text{ m}^2$$





3) Luego se calcula la longitud de la zona de sedimentación ( $L_2$ ):

$$L_2 = \frac{A_s}{B} = 7.49 \text{ m}$$

4) A partir de  $L_1$  y  $L_2$  tenemos la longitud total de la poza de sedimentación:

$$L_T = L_1 + L_2 = 8.30 \text{ m}$$

5) A continuación se verifica que las relaciones largo/ancho ( $L/B = 2.77$ ) y largo/altura ( $L/H = 5.53$ ) se encuentren dentro de los rangos de 2 a 6 y de 5 a 20 respectivamente.

6) Como siguiente paso se verifica la velocidad horizontal con la siguiente expresión:

$$V_h = \frac{Q}{B * H} = 0.002 \text{ m/s}$$

7) Se verifica que las siguientes expresiones presenten valores similares:

$$\frac{L}{H} = 5.53$$

$$\frac{V_H}{V_S} = 4.99$$

Como se ve anteriormente los valores son similares, por lo que se acepta el diseño geométrico de la poza de sedimentación.

8) A continuación calculamos la altura máxima en la tolva de lodos ( $H_1$ ) mediante la siguiente expresión:

$$H_1 = H + S * L_2 = 1.88 \text{ m}$$

9) Teniendo en cuenta que con un vertedero de salida de longitud de cresta igual al ancho de la unidad se tiene como altura de agua sobre el vertedero ( $H_2$ ):



$$H_2 = \frac{Q^2}{1.84B^3} = 0.013 \text{ m}$$

- 10) El área de orificios en la cortina ( $A_0$ ) es:

$$A_0 = \frac{Q}{V_0} = 0.08 \text{ m}^2$$

- 11) El área de cada orificio ( $a_0$ ) es:

$$a_0 = 0.7854D_0^2 = 0.00196 \text{ m}^2$$

- 12) Altura de la cortina cubierta por orificios ( $h$ ) es:

$$h = H - \frac{2}{5}H = 0.90 \text{ m}$$

- 13) El espaciamiento entre orificios ( $a$ ) es:

$$a = \frac{h}{N_f} = 0.18 \text{ m}$$

- 14) El espaciamiento de los orificios respecto a la pared ( $a_1$ ) es:

$$a_1 = \frac{1}{2} B - \frac{a}{N_c - 1} = 0.86 \text{ m}$$



## CAPÍTULO V

### 5.0 CÁLCULOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 5.1 OBRAS DE CONTROL HÍDRICO

##### 5.1.1 CANAL DE CORONACIÓN

El canal de coronación propuesto para el control de la escorrentía superficial que podría entrar en contacto con el depósito de desmonte del proyecto de exploración Chiptaj tiene las características principales que se muestran en el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 5.1:** Características del canal de coronación

Característica	Resultado
Forma	Trapezoidal
Revestimiento	Mampostería de piedra
Longitud (m)	232.0
Base (m)	0.30
Talud z	1
Tirante (m)	0.25
Borde Libre (m)	0.10

Fuente: Elaboración Propia

##### 5.1.2 SISTEMA DE SUBDRENAJE

El sistema de subdrenaje está compuesto por tuberías HDPE perforadas con las siguientes características:

**Cuadro N° 5.2:** Características de subdrenes

Subdren	D <sub>comercial</sub> (pulg)	Longitud (m)
N° 1	2	6.50
N° 2	3	87.90
N° 3	3	87.30
N° 4	4	80.10
N° 5	2	19.20

Fuente: Elaboración Propia



### 5.1.3 POZA DE SEDIMENTACIÓN

En el caso de las pozas de sedimentación se construirán dos en paralelo y serán de las siguientes características:

**Cuadro N° 5.3:** Características de la poza de sedimentación

Característica	Resultado
Longitud (m)	7.50
Ancho (m)	3.00
Altura 1 (m)	1.50
Altura 2 (m)	0.40

Fuente: Elaboración Propia

Cabe mencionar que el drenaje de las galerías de exploración se conduce a un sedimentador de similares características que el planteado para control del agua de contacto del depósito de contacto para su control previo a su vertimiento.

### 5.1.4 OBRAS COMPLEMENTARIAS

Existen ciertas obras que son complementarias a las planteadas anteriormente, las mismas que se detallan a continuación:

- ✓ Cajas de reunión: Utilizadas en el sistema de subdrenaje con dimensiones de 1.0x1.0x1.0;
- ✓ Poza de lodos: Ubicada cerca al sedimentador sirviendo de almacén temporal de los lodos recolectados en la poza de sedimentación;
- ✓ Cuneta perimetral: Se ha previsto que el depósito de desmonte tenga una cuneta triangular de 0.30 m de profundidad y 0.75 m de ancho para recolectar las aguas de escorrentía que tengan contacto con el material de desmonte. Estas aguas conjuntamente con las aguas del drenaje subterráneo se dirigirán a la poza de sedimentación para su control previo al vertimiento en la quebrada Chanquillo;
- ✓ Poza de control: Ubicada a la salida de la poza de sedimentación para el control del efluente. Previo al vertimiento en la quebrada Chanquillo se verificará que el efluente cumple con los Límites Máximos Permisibles de acuerdo a lo establecido en el **D.S. N° 010-2010-MINAM**;



- ✓ Tubería de entrega: Desde las pozas de control de los sistemas de drenaje superficial y subterráneo se realizará la entrega de los efluentes a la quebrada Chanquillo a través de tuberías HDPE;
- ✓ Enrocado antierosión: En el punto de descarga de los efluentes se ha previsto la construcción de un enrocado de protección contra la erosión.

## 5.2 IMPACTOS POTENCIALES DE LA ACTIVIDAD

Toda actividad antropogénica, económica y en particular la minera, genera impactos en el medio circundante y por consiguiente en el recurso hídrico, los cuales pueden caracterizarse en positivos y/o negativos. La alteración del ambiente natural por la construcción, diseño de los diferentes componentes del Proyecto de Exploración Chiptaj, no siempre presentan una respuesta positiva no solo de parte del medio natural o del ambiente; si no también de la empresa responsable y de la población que se ubica en el área circundante, las mismas que deben tomar conciencia de la importancia que tiene en cuidar el ambiente natural, en este caso particular el recurso hídrico, y en especial los pobladores porque es el lugar donde se desarrollan sus actividades, y cuando la actividad minera llegue a su fin, los impactos ocasionados debieran ser mitigados y/o controlados de manera tal, que los pobladores no sean los perjudicados como consecuencia de la actividad.

La identificación de los impactos ambientales se logra con el análisis de la interacción resultante entre los componentes del proyecto y los factores ambientales de su medio circundante. Para lo cual, se ha dividido el proyecto en etapas y cada una de ellas se dividirá en actividades características, para lograr identificar los impactos del proyecto al recurso hídrico.

El proyecto en esta segunda etapa de exploración tiene 03 etapas definidas, las cuales son:

- ✓ Etapa de Construcción;
- ✓ Etapa de Operación;
- ✓ Etapa de Cierre y Post Cierre.



A continuación, se procederá a identificar los posibles impactos de las actividades del proyecto de exploración al recurso hídrico, y se hará una evaluación del tipo cualitativa para determinar su importancia.

### 5.2.1 ACTIVIDADES DEL PROYECTO

Se define como aquellas actividades y operaciones del proyecto exploratorio que pueden generar posibles impactos ambientales. Para fines metodológicos, se ha identificado las principales actividades que por sus características se convierten en las de mayor relevancia o potencial impacto sobre el medio. Estas actividades corresponden a cada una de las etapas del proyecto, las cuales se indican en los cuadros siguientes:

**Cuadro N° 5.4: Actividades de la etapa pre-exploración**

Nº	Actividad
01	Construcción de nueva vía y mejoramiento/habilitación de vías existentes
02	Construcción de primeras plataformas de perforación superficial.
03	Construcción de las plataformas de labores Subterráneas
04	Acondicionamiento de áreas de almacenamiento (depósitos de desmonte, mineral y topsoil)
05	Construcción y adecuación de instalaciones auxiliares.
06	Tránsito de unidades vehiculares.
07	Fuerza Laboral

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro N° 5.5: Actividades del proceso exploratorio**

Nº	Actividad
01	Exploración en Labores Subterráneas
02	Construcción de plataformas de perforación restantes
03	Ejecución de perforaciones Diamantinas
04	Almacenamiento y transporte del desmonte
05	Almacenamiento y transporte del mineral
06	Manejo de explosivos, insumos/aditivos y combustible
07	Mantenimiento de vías de acceso
08	Tránsito de unidades vehiculares
09	Fuerza Laboral

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro N° 5.6: Actividades de la etapa de cierre del proyecto**

Nº	Actividad
01	Retiro de equipos e infraestructura auxiliar.
02	Clausura y Sellado de Bocaminas.
03	Rehabilitación de áreas disturbadas
04	Fuerza Laboral

Fuente: Elaboración propia



### 5.2.2 FACTORES AMBIENTALES RECEPTORES DE LOS POTENCIALES IMPACTOS

Los factores ambientales son el conjunto de componentes del medio ambiente físico natural (aire, suelo, agua, biológico, etc.) y del medio ambiente social (relaciones sociales, actividades económicas, etc.), susceptibles de sufrir cambios, positivos o negativos, a partir de una actividad o conjunto de actividades dadas.

El proyecto se desarrolla dentro de un ambiente de relativa uniformidad climática, topográfica, hidrológica, biológica y antrópica, involucrando una superficie total de dimensiones contenidas.

Por esta razón, las diferentes fases de desarrollo, comparten la evaluación a partir de los mismos factores ambientales.

**Cuadro N° 5.7:** Componentes ambientales considerados para la evaluación

Medio	Componente ambiental
Medio físico	Agua Superficial
	Agua Subterránea
Medio Socio Económico	Uso de Recursos Naturales

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.3 METODOLOGÍA APLICADA

El desarrollo de la identificación y evaluación de los impactos ambientales consiste básicamente en interrelacionar cada una de las actividades del proyecto con los factores o componentes ambientales de su área de influencia, a fin de determinar si tal interacción tiene como resultado, cambios significativos de una o más cualidades del componente ambiental receptor, en este caso el recurso hídrico.

La metodología utilizada pasa por una serie de etapas siendo la primera de caracterización, tanto de los parámetros ambientales como de los aspectos de las actividades del Proyecto.

Otra actividad está relacionada a describir las condiciones para valorizar el tipo de Impacto que se origina. Finalmente se hace una selección tanto de los aspectos ambientales más importantes como de los parámetros ambientales mayormente



afectados, estando centrado en la presente tesis en el recurso hídrico. El proceso de identificación y evaluación de impactos se aplicó para las siguientes etapas del proyecto:

- ✓ Etapa Construcción, comprenden las actividades de habilitación del área del emplazamiento, acondicionamiento de accesos actuales y construcción de vías de accesos y demás infraestructura auxiliar;
- ✓ Etapa de Exploraciones, comprende el desarrollo de las actividades exploratorias durante el plazo programado por CMBSAA;
- ✓ Etapa de Cierre, comprenden las actividades de desmontajes y retiro de la infraestructura que hayan sido parte del proyecto exploratorio y demás componentes una vez terminada la las actividades de exploración.

#### **5.2.3.1 Criterios de Evaluación**

La Matriz de Leopold Modificada emplea los siguientes criterios (según Carter 1998):

##### **1. Carácter o Naturaleza del Impacto (Car)**

Hace referencia a las características beneficiosas o perjudiciales de un impacto. Su calificación es de tipo cualitativo, en términos de impacto positivo o negativo.

##### **2. Relación Causa Efecto (CEf)**

Determinada por el grado de relación del impacto producido con la actividad generadora del mismo, la cual puede tener una relación Directa o Indirecta.

##### **3. Intensidad (Int)**

Se refiere a la severidad del impacto sobre un determinado componente ambiental, independientemente de su extensión o duración. Se califica de forma cualitativa suficientemente sustentada. Un impacto será leve si la distorsión en el componente ambiental no afecta significativamente su calidad, autoregeneración y capacidad de uso, por tanto no requieren medidas de mitigación o su mitigación no es prioritaria.





#### 4. Extensión Geográfica (Ext)

Se refiere al área impactada por alguna actividad específica. En algunos casos el área impactada puede estar limitada al emplazamiento de la actividad (puntual), en otros casos la extensión puede ser a gran distancia, indeterminada o desconocida.

#### 5. Duración (Dur)

Se refiere al tiempo a lo largo del cual ocurre un impacto ambiental. La duración del impacto puede ser instantánea, periódica o continua. Puede presentarse una sola vez, de manera eventual, regular o permanente.

Además, el proceso puede ser reversible (i.e. cesada la causa cesa el efecto), mitigable (i.e. puede ser revertido mediante un proceso de mitigación adecuado) o irreversible.

#### 6. Importancia (Imp)

Se refiere a la valoración de connotación subjetiva que asume el consultor en base al conocimiento de las condiciones de línea base ambiental y percepción de los aspectos socioculturales de las comunidades en torno a los componentes potencialmente afectados.

Estos índices representan categorías independientes de carácter referencial, que provienen de una estimación basada en la Línea Base y la experiencia, más no, del desarrollo de procesos de predicción. La escala utilizada varía de 1 a 5; donde indica un impacto leve y 5 el más severo.

En el cuadro siguiente, se muestran los criterios de evaluación así como la interpretación de cada uno de los valores posibles.



**Cuadro N° 5.8: Criterios para la evaluación de impactos ambientales**

Índice	Valor	Descripción
Intensidad	1	Muy leve / insignificante.
	2	Leve / bajo.
	3	Moderado.
	4	Severo/ grave / alto.
	5	Muy severo/ muy grave / muy alto.
Extensión	1	Localizada en un área pequeña adyacente al área ocupada por el elemento / Puntual.
	2	Se extiende un poco más allá del área de la instalación (el área de la zona de influencia) / Local.
	3	Se extiende a un área moderada más allá de las instalaciones (hasta 1 km del área de operaciones) / Regional.
	4	Se extiende más allá de la zona de operaciones (kilómetros) / Macro regional.
	5	Extensión ilimitada o no determinada.
Duración	1	Muy breve (días).
	2	Breve (estacional) o semanas.
	3	Moderada (años) / corto plazo.
	4	Constante, durante la vida útil del proyecto/ mediano plazo.
	5	Permanente, aún después del cierre de operaciones / largo plazo.
Importancia	1	Irrelevante, no requiere mitigación.
	2	Poca importancia, la mitigación no es prioritaria.
	3	Importancia moderada, requiere mitigación – componente ambiental reduce su función.
	4	Importante, mitigación es prioritaria -componente ambiental pierde su función o carácter.
	5	Muy importante, mitigación prioritaria y urgente (afecta otros componentes -impactos secundarios).

Fuente: EIA Proyecto de Exploración Chiptaj

El valor integral o significancia del impacto, es determinada a partir de la siguiente expresión:

$$\text{Significancia Total del impacto} = \text{Carácter} \times \text{Relación Causa Efecto} \times \text{Magnitud} \times \text{Importancia}$$

Dónde:

Magnitud = Intensidad + Extensión + Duración del impacto.

Carácter = Positivo (+1) o Negativo (-1).

Relación CEF = Directo (1) o Indirecto (2).



La calificación del impacto total, según el rango numérico que adopta, es el siguiente:

*Rango de calificación del impacto total*

Impacto total	Rango (positivo o negativo)
Grave	60 – 75
Moderado	30 – 59
Leve	16 – 29
No significativo	1 – 15

Fuente: Elaboración propia

En el Anexo D de la presente tesis, se adjuntan las matrices de evaluación de impactos, elaboradas bajo la metodología explicada. A continuación se describen los impactos ambientales al recurso hídrico identificados para cada una de las etapas o fases del proyecto.

## 5.2.4 DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DEL PROYECTO

### 5.2.4.1 Etapa Pre – Exploratoria

En esta etapa no se considera la implementación de las obras de control hídrico.

**Cuadro N° 5.9: Resumen de evaluación de impactos – etapa pre-exploración**

Nº	Componente ambiental	Calificación de impactos						
		Construcción De Nueva Vía Y Mejoramiento/Habilitación De Vías Existentes	Construcción De Primeras Plataformas De Perforación Superficial	Construcción De Las Plataformas De Labores Subterráneas	Acondicionamiento De Áreas De Almacenamiento	Construcción Y Adecuación De Instalaciones Auxiliares	Tránsito De Unidades Vehiculares	Fuerza Laboral
1	Agua Superficial	-10	-9	-9	-24	0	0	-3
2	Agua Subterránea	0	0	0	-8	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

## 1. Aguas Superficiales

### Alteración de la Calidad del Agua Superficial

El cuerpo de agua superficial que se ubica cercana más cercano a los componentes es la quebrada Auquín ya que está cerca al área donde se desarrollará



labores subterráneas, además se tiene próxima la quebrada Chanquillo, que está dentro del área de influencia directa.

Estos cuerpos de agua podrían verse afectados por alguna manipulación de sustancias como combustible y/o el aumento de los sedimentos por malas praxis en la construcción de las vías de acceso o en los acondicionamientos de las plataformas y áreas de almacenamiento. Por otra parte la principal afectación que sufrirá el agua superficial es el cambio de la cobertura vegetal provocada principalmente por el acondicionamiento de las áreas de almacenamiento.

### **Alteración de la Cantidad del Agua Superficial**

El consumo de agua durante la etapa de pre-exploración será principalmente para el control de polvo; el sistema de abastecimiento será a partir de un punto de captación de la quebrada Auquín; donde las aguas serán captadas y trasladada hacia los puntos de descarga.

El análisis matricial, indica que este impacto posee un carácter negativo, alcanzando una calificación máxima de -24 en la actividad de acondicionamiento de las áreas de almacenamiento. Esta calificación corresponde al rango de calificación de “Impacto Leve”.

## **2. Aguas Subterráneas**

### **Alteración de la Calidad del Agua Subterránea**

En la etapa de pre-exploración no se han identificado impactos potenciales a la calidad de agua subterránea.

### **Alteración de la Cantidad del Agua Subterránea**

La preparación de las áreas de almacenamiento de los depósitos de desmonte, mineral y top soil involucra compactar el suelo infrayacente lo que conlleva a una mayor escorrentía y una reducción leve de la recarga de aguas subterráneas.



El análisis matricial, indica que este impacto posee un carácter negativo, alcanzando una calificación máxima de -8, correspondiente al rango de calificación de “Impacto No Significativo”.

#### **5.2.4.2 Etapa Exploratoria**

##### **1. Caso Sin Obras de Control Hídrico**

###### **a. Aguas Superficiales**

###### **Alteración de la Calidad del Agua Superficial**

Este impacto está en condición de riesgo asociado a la actividad de exploración subterránea, el cual es posible que genere efluentes (llamados aguas de mina) los cuales pueden contener altas concentraciones de metales y sólidos en suspensión por lo que si llegarán a entrar en contacto con el agua de la quebrada Auquín, reducirían la calidad de las aguas de la quebrada en mención pudiendo sobrepasar los estándares de calidad ambiental del agua. El mayor problema es el depósito de desmonte que estará en contacto con las aguas de escorrentía y ya que es un posible material generador de drenaje ácido contaminaría las aguas de la quebrada Chanquillo.

Así mismo podría haber Impacto de los cursos de agua por manipulación y derrames de aceites, hidrocarburos o insumos químicos, cuando se realicen las actividades de exploración.

###### **Alteración de la Cantidad del Agua Superficial**

Para la etapa de operación de las actividades de exploración se tiene previsto su abastecimiento a partir de un punto de captación ubicado en la parte media alta de la quebrada Auquín, donde se construirá una pequeña poza de captación de agua, para ser derivada por gravedad hacia las áreas de consumo (perforación diamantina y ejecución de la labor minera subterránea), mediante la instalación de una tubería de PVC de 3” de diámetro, disponiendo de una tanque de almacenamiento y distribución antes de llegar al lugar de consumo.



El análisis matricial, indica que este impacto sobre la calidad y cantidad de las aguas superficiales posee un carácter negativo, alcanzando una calificación máxima de - 72, correspondiente al rango de calificación de “Impacto Grave”.

#### **b. Aguas Subterráneas**

##### **Alteración de la Calidad del Agua Subterránea**

El principal riesgo asociado con la calidad de agua subterránea es que se genere drenaje ácido en las labores subterráneas y en el depósito de desmonte (especialmente en este caso) las cuales pueden infiltrarse y contaminar los acuíferos presentes en el área de estudio.

##### **Alteración de la Cantidad del Agua Subterránea**

La cantidad de agua subterránea se verá comprometida esencialmente por la apertura de la galería de exploración, la cual funcionará como un dren, redireccionando los flujos subterráneos al exterior a través de los sistemas de drenaje de interior mina.

El análisis matricial, indica que este impacto sobre la calidad y cantidad de las aguas subterráneas posee un carácter negativo, alcanzando una calificación máxima de - 40, correspondiente al rango de calificación de “Impacto Moderado”.



**Cuadro N° 5.10:** Resumen de evaluación de impactos – Etapa exploración sin Obras de Control Hídrico

Resumen De Matriz De Impactos										
Componente Ambiental		Calificación Del Impacto								
		Exploración En Labores Subterráneas	Construcción De Plataformas De Restantes	Ejecución De Perforaciones Diamantinas	Almacenamiento Y Transporte De Desmonte	Almacenamiento Y Transporte De Mineral	Manejo De Explosivos, Insumos/Aditivos Y Combustible	Mantenimiento De Vías De Acceso	Tránsito De Unidades Vehiculares Del Proyecto	Fuerza Laboral
1	Agua Superficial	-72	-6	-20	-44	-10	-16	-10	-10	-6
2	Agua Subterránea	-36	0	-20	-40	-6	-8	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro N° 5.11:** Resumen de evaluación de impactos – Etapa exploración con Obras de Control Hídrico

Resumen De Matriz De Impactos										
Componente Ambiental		Calificación Del Impacto								
		Exploración En Labores Subterráneas	Construcción De Plataformas De Restantes	Ejecución De Perforaciones Diamantinas	Almacenamiento Y Transporte De Desmonte	Almacenamiento Y Transporte De Mineral	Manejo De Explosivos, Insumos/Aditivos Y Combustible	Mantenimiento De Vías De Acceso	Tránsito De Unidades Vehiculares Del Proyecto	Fuerza Laboral
1	Agua Superficial	-24	-6	-20	-10	-10	-16	0	-10	0
2	Agua Subterránea	-15	0	-20	0	0	-8	0	0	0

Fuente: Elaboración propia



## **2. Caso Con Obras de Control Hídrico**

### **a. Aguas Superficiales**

#### **Alteración de la Calidad del Agua Superficial**

Como se ha visto anteriormente en el caso de la alteración de la calidad de agua, si no se contase con obras de control hídrico el principal riesgo es el drenaje ácido. Se ha previsto de medidas de carácter obligatorio sobre su manejo que reducen la incidencia al mínimo, los cuales son sistemas de impermeabilización en el depósito de desmonte para evitar la infiltración profunda de aguas acidas, un sistema de drenaje superficial (canal de coronación) que evitará el contacto de aguas de escorrentía con el depósito de desmonte, sistema de subdrenaje el cual coleccionará las aguas de infiltración en el depósito de desmonte y las conducirá hasta la poza de sedimentación y control. En la poza se controlará que los efluentes cumplan con los límites máximos permisibles previo a su vertimiento.

Con las obras de control hídrico se reduce considerablemente los posibles impactos a los recursos hídricos superficiales por lo que el impacto se reduce a casos de manipulación y derrames de aceites, hidrocarburos e insumos químicos.

#### **Alteración de la Cantidad del Agua Superficial**

En este caso el principal impacto es el mismo que en el caso descrito sin obras de control hídrico.

El análisis matricial, indica que este impacto sobre la calidad y cantidad de las aguas superficiales posee un carácter negativo, alcanzando una calificación máxima de -24, correspondiente al rango de calificación de "Impacto Leve".





## **b. Aguas Subterráneas**

### **Alteración de la Calidad del Agua Subterránea**

El principal riesgo asociado con la calidad de agua subterránea es que se genere drenaje ácido en las labores subterráneas y en el depósito de desmonte (especialmente en este caso) y si no se contase con obras de impermeabilización, se puede producir infiltración profunda y contaminar las aguas de los acuíferos adyacentes. Como se ha planteado la construcción de las obras de control hídrico el impacto se reduce a posibles derrames de aceites, hidrocarburos e insumos químicos que podrían entrar en contacto con las aguas subterráneas.

### **Alteración de la Cantidad del Agua Subterránea**

La cantidad de agua subterránea se verá comprometida esencialmente por la apertura de la galería de exploración, la cual funcionará como un dren, re direccionando los flujos subterráneos al exterior a través de los sistemas de drenaje de interior mina. Así mismo la impermeabilización del área donde se ubicará el depósito de desmonte disminuirá el área de recarga de las aguas subterráneas, aunque de forma muy leve.

El análisis matricial, indica que este impacto sobre la calidad y cantidad de las aguas subterráneas posee un carácter negativo, alcanzando una calificación máxima de - 20, correspondiente al rango de calificación de “Impacto Leve”.

#### **5.2.4.3 Etapa de Cierre**

Para el caso de la etapa de cierre también se analizaron los escenarios con y sin obras de control hídrico.

A continuación se presentan los resúmenes de la evaluación de impactos para ambos casos, describiéndose luego cada uno de ellos.



**Cuadro N° 5.12:** Resumen de evaluación de impactos – Etapa de Cierre sin Obras de Control Hídrico

Calificación Del Impactos					
Nº	Componente Ambiental	Retiro De Equipos E Infraestructura Auxiliar	Clausura Y Sellado De Bocaminas	Rehabilitación De Áreas Disturbadas	Fuerza Laboral
1	Agua Superficial	9	-14	-42	-24
2	Agua Subterránea	0	3	-32	0

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro N° 5.13:** Resumen de evaluación de impactos – Etapa de Cierre con Obras de Control Hídrico

Calificación Del Impactos					
Nº	Componente Ambiental	Retiro De Equipos E Infraestructura Auxiliar	Clausura Y Sellado De Bocaminas	Rehabilitación De Áreas Disturbadas	Fuerza Laboral
1	Agua Superficial	-9	-14	-12	0
2	Agua Subterránea	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

## 1. Caso Sin Obras de Control Hídrico

### a. Aguas Superficiales

Para la etapa de cierre no se requerirán consumos considerables de agua ni se generarán efluentes, ya que se dismantelará todas las infraestructuras utilizadas en la actividad de exploración y se detendrán los procesos de perforación diamantina. Sin embargo existe el riesgo de afectación de la calidad de las aguas superficiales ante la posibilidad de algún derrame u otra eventualidad de ese tipo.

De no considerarse las obras de control hídrico ni el sistema de impermeabilización y encapsulamiento del depósito de desmonte los posibles impactos generados por el drenaje ácido serían perjudiciales para el medio ambiente del área de influencia del proyecto minero.

El análisis matricial, indica que este impacto posee un carácter negativo, alcanzando una calificación máxima de -42 correspondiente al rango de calificación de “Impacto Moderado”.



#### **b. Aguas Subterráneas**

Se tienen los mismos problemas que en el caso del agua superficial aunque su impacto es menor. El análisis matricial, indica que este impacto posee un carácter negativo, alcanzando una calificación máxima de -32 correspondiente al rango de calificación de “Impacto Moderado”.

### **2. Caso Con Obras de Control Hídrico**

#### **c. Aguas Superficiales**

Para la etapa de cierre no se requerirán consumos considerables de agua ni se generarán efluentes, ya que se dismantelará todas las infraestructuras utilizadas en la actividad de exploración y se detendrán los procesos de perforación diamantina. Sin embargo existe el riesgo de afectación de la calidad de las aguas superficiales ante la posibilidad de algún derrame u otra eventualidad de ese tipo.

Los depósitos de desmonten deberán contemplar dentro de sus medidas de cierre la estabilidad química de los mismos, ya que estos desmontes son generadores de efluentes, por lo cual la impermeabilización y encapsulamiento de los mismos asegurará de que no se produzca alta concentración de metales, sólidos y este a su vez contamine los cursos de agua.

El análisis matricial, indica que este impacto posee un carácter negativo, alcanzando una calificación máxima de -14, correspondiente al rango de calificación de “Impacto No Significativo”.

#### **d. Aguas Subterráneas**

En este caso en particular se prevé un pequeño impacto positivo ya que al clausurarse la bocamina permitirá que las aguas subterráneas recuperen su nivel inicial o cuando menos se acerquen a los niveles anteriores a las actividades de exploración.



### **5.2.5 EVALUACIÓN GENERAL DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES SIN OBRAS DE CONTROL HÍDRICO**

El principal impacto negativo generado es la posibilidad de generación de drenaje ácido en el depósito de desmonte ya que sin obras de control hídrico fácilmente tendrán contacto con las aguas superficiales de las quebradas Auquín y Chanquillo y con las aguas subterráneas a través de la infiltración profunda.

**Según la evaluación realizada, el proyecto sin obras de control hídrico representará alteración negativa leve sobre los volúmenes de agua y alteración negativa grave de la calidad de esta.**

### **5.2.6 EVALUACIÓN GENERAL DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES CON OBRAS DE CONTROL HÍDRICO**

Luego de la identificación y calificación de las posibles interacciones o efectos a generarse como consecuencia de la ejecución del proyecto exploratorio Chiptaj, se han identificado los principales impactos ambientales que presentan un determinado grado de relevancia ambiental en función de sus índices de calificación obtenidas. Identificándose impactos principalmente del rango de “Moderados” a “Leves”.

Todos los impactos identificados, tienen un carácter eminentemente temporal, debido al corto periodo de vida del proyecto (aprox. 2 años) y porque luego de este tiempo se prevé que no existirán impactos residuales de significancia.

Entre los principales impactos negativos que se prevé puedan generarse están las actividades de construcción de plataformas de perforación, construcción de accesos, construcción del depósito de desmonte, sin embargo, tales impactos negativos son de alta reversibilidad y/o controlados por el diseño del proyecto. Un importante impacto es el causado por las labores de exploración subterránea los cuales se prevé un especial cuidado para su cierre definitivo.

El agua, por la naturaleza del recurso que representa, debe ser tratada con sumo cuidado para lo que se han diseñado las obras de control hídrico.



**Según la evaluación realizada, el proyecto no representará alteración sobre los volúmenes de agua ni alteración negativa significativa de la calidad de esta, debido a que el diseño contempla una serie de dispositivos de control preventivo como sistemas de drenajes superficial y subterráneo, pozas de sedimentación, etc. que evitan y minimizan potenciales impactos negativos.**

### **5.3 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL HÍDRICO**

El Plan de Manejo Ambiental (PMA), circunscrito en este caso al recurso hídrico, es el instrumento de gestión ambiental que tiene por objetivo establecer de manera detallada las acciones que se requieren para prevenir, controlar, mitigar y corregir los posibles efectos o impactos ambientales negativos causados al recurso hídrico en el desarrollo de las actividades que se realizarán como parte del proyecto de “Exploración Minera Chiptaj”.

El PMA contempla las medidas que serán puestas en práctica durante las operaciones cotidianas, las mismas que serán conocidas por el personal que labore en la empresa y la Jefatura que se encargue de la supervisión de los trabajos y que será la responsable del cumplimiento del PMA.

#### **5.3.1 DESCRIPCIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL HÍDRICO (PMAH)**

El PMAH estará diseñado para el tiempo que dure el Proyecto de Exploración Chiptaj y existirá un responsable de su control, manejo e implementación, constituyéndose así en un instrumento de gestión ambiental contando para ello con los siguientes planes de acción:

- ✓ Plan de Medidas de Prevención y Mitigación Hídrico.
- ✓ Plan de Monitoreo Ambiental Hídrico.
- ✓ Plan de Contingencia Hídrico.

##### **5.3.1.1 Responsable del Plan de Manejo Ambiental Hídrico**

Será el asistente de medio ambiente designado para el proyecto, quien es el encargado de que en las diferentes áreas se implementen las medidas de control y



mitigación de impactos previstos en el EIASd. Además estará alerta para la puesta en marcha del Plan de Contingencias Hídrico en caso de ser necesario, ejecutará el Plan de Monitoreo Ambiental Hídrico. Y será el encargado de llevar adelante y supervisar el cumplimiento del Plan de Cierre, cuando las actividades programadas en el proyecto hayan concluido.

#### **5.3.1.2 Plan de Medidas de Prevención y de Mitigación Hídrica**

Está compuesto por las medidas de mitigación e inspecciones ambientales que se efectuarán, controlando y evaluando el grado de avance y/o cumplimiento del PMAH.

#### **5.3.1.3 Plan de Monitoreo Ambiental Hídrico**

Contiene las acciones orientadas al control de los componentes ambientales hídricos que se considera serán afectados por las actividades y trabajos de exploración a llevarse a cabo en el Proyecto de Exploración Minera Chiptaj.

#### **5.3.1.4 Plan de Contingencias Hídrico**

Este plan estará compuesto por lineamientos específicos que deberán ser cumplidos en caso de accidentes ambientales por eventos imprevistos y que se detallan en el presente estudio; el mismo que obedece a la estructura propuesta por la autoridad sectorial.

### **5.3.2 ACCIONES DE PREVENCIÓN, CONTROL Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AL RECURSO HÍDRICO**

Para el control y mitigación de los efectos que generen las actividades de exploración en el recurso hídrico, se ha planificado medidas técnicamente viables para la prevención y reducción de los efectos negativos ambientales que podrían producirse durante la instalación y operación de los equipos de perforación, labores subterráneas y la habilitación de los caminos de acceso proyectados. Estas medidas son concordantes con las establecidas por el Ministerio de Energía y Minas en la "Guía Ambiental para Actividades de Exploración de Yacimientos Minerales en el Perú" (MEM 1995).



El esquema de estas actividades de manejo ambiental corresponde a lo establecido en los Términos de Referencia para el Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado – Categoría II. A continuación se describe las medidas a considerar para las actividades del proyecto exploratorio:

### **5.3.2.1 Control de las Aguas de Escorrentía y de la Erosión Hídrica**

Las medidas para este aspecto son las siguientes:

#### **1. Plataformas**

- Para el control de la erosión hídrica durante la construcción de plataformas para perforaciones diamantinas y plataformas para las labores subterráneas se implementarán según sean necesario, cunetas de derivación de las aguas hacia las quebradas naturales. Las cunetas abarcarían en el perímetro de las plataformas y considerarán medidas de construcción y manejo adecuadas.
- Se realizará un mantenimiento periódico de las cunetas de drenaje con el fin de evitar su erosión.
- Las instalaciones y servicios auxiliares se construirán evitando la obstrucción del curso natural de las quebradas y se construirán canales para derivar el agua de lluvia.

#### **2. Depósito de Desmontes**

- Las aguas de infiltración y escorrentía del depósito de almacenamiento de desmontes serán conducidas a una poza sedimentadora donde se reducirá su velocidad de ingreso, para que éste no cree turbulencia y no remueva el material sedimentado y por el contrario, permita la sedimentación de partículas suspendidas hacia el fondo y el agua clarificada fluya hacia la superficie, permitiendo un drenaje por rebose.
- Las dimensiones de diseño han sido estimadas en función al probable caudal a ser generado y que permita un adecuado y suficiente tiempo de sedimentación y clarificación del agua.



- Por medida de seguridad, la poza de sedimentación contará con un cerco de malla perimétrico.

### 3. Vías de Acceso

- Por las condiciones climáticas de la zona, será necesaria la construcción de cunetas de drenaje en las vías de acceso, que ayudarán a controlar y encauzar las aguas de escorrentía generadas por las lluvias que se podrían dar en la zona, minimizando la actividad de erosión hídrica.
- Si los caminos o accesos cruzan por arroyos menores que son mayormente los de la zona, se construirán “badenes” perpendiculares al eje del curso de agua. Estos badenes tendrán suficiente cantidad de roca para evitar o mitigar los efectos de erosión hídrica.
- Los accesos serán construidos eligiendo trazos que presenten mayormente pequeños cortes de la superficie y eventualmente tramos con rellenos. El material deberá cumplir con los requerimientos de las especificaciones técnicas para vías de comunicación de tercer orden; la superficie final de rodadura tendrá una inclinación tal que el agua de lluvia pueda ser evacuada fácilmente por gravedad hacia los canales (cunetas de drenaje) que discurren paralelos a los accesos.
- En el entorno del área del depósito de almacenamiento de desmontes, se construirán obras hidráulicas tales como, canales de coronación en la parte alta para evitar que el agua de escorrentía ingrese al cuerpo del almacenamiento de los desmontes, así como cunetas de drenaje en la base del citado depósito para controlar y captar las eventuales aguas de filtración que se pudieran generar.

#### 5.3.2.2 Medidas de Manejo y Protección de los Cuerpos de Agua

- En el proyecto en cada plataforma de perforación se contará con una poza de sedimentación de lodos, las cuales se ubicarán alejadas de los sistemas de drenajes permanentes.





- Los lodos de perforación serán captados en las pozas de sedimentación impidiendo que estos fluyan fuera del área de trabajo. Las aguas claras o de pondaje serán recirculadas para la perforadora diamantina.
- Los accesos preferentemente tendrán cunetas para derivar aguas de escorrentía, en caso de precipitaciones inusuales, orientadas a las quebradas cercanas, con el fin de evitar erosión de suelos adyacentes. La superficie final de rodadura tendrá una inclinación tal que el agua de lluvia pueda ser evacuada fácilmente por gravedad hacia los canales (cunetas de drenaje) que discurren paralelos a los accesos.
- Durante las actividades de exploración subterránea, para las aguas provenientes de las áreas de las operaciones mineras (efluentes) que puedan contener algún elemento contaminante en suspensión (sólidos, aceites y grasas, etc.), se construirá un sistema de control mediante una poza de sedimentación luego del cual se descargan las aguas tratadas hacia la quebrada Chanquillo. Esta poza de tratamiento tiene como función precipitar los sólidos y prevenir la afectación la afectación de las aguas del cuerpo receptor.
- Si durante las labores de perforación se interceptase alguna fuente de agua subterránea se procederá de forma inmediata a la obturación de dicha perforación, de acuerdo a los procedimientos establecidos para el caso.
- Se tiene previsto la realización de un programa de monitoreo de las aguas superficiales de la zona, consistente en el muestreo y análisis de calidad de agua en 03 estaciones ubicadas aguas arriba y aguas abajo del proyecto en la Quebrada Chanquillo, así como en el punto de captación de aguas de la laguna Tocto. Estos cuerpos de agua serán monitoreados durante el tiempo que dure la exploración. Los puntos de muestreo serán los mismos considerados en la línea base.
- Igualmente se prevé monitorear los efluentes mineros después de su tratamiento en la poza de sedimentación del nivel 440 y antes de su vertimiento a la quebrada Chanquillo.



**Cuadro N° 5.14: Ubicación de puntos de monitoreo de calidad de agua– cuerpos receptores**

Código	Coordenadas UTM <sup>(1)</sup>		Altitud (msnm)	Descripción
	Este	Norte		
CW-01	294 593	8 832 419	4532	Quebrada Chanquillo aguas arriba de la relavera (pasivo ambiental)
CW-04	293 336	8 832 120	4449	Quebrada Auquín aguas abajo del Proyecto CHIPTAJ
CW-05	293 590	8 831 575	4464	Quebrada Auquín aguas arriba del proyecto CHIPTAJ
CW-06	291 929	8 832 446	4409	Quebrada Chanquillo, aguas arriba de la estancia Chanquillo.

(1) Datum PSAD 56 – Zona 18L

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro N° 5.15: Ubicación de puntos de monitoreo – efluente**

Código	Descripción	Coordenadas UTM <sup>(1)</sup>		Altitud (msnm)
		Este	Norte	
E-01	Salida de la poza de sedimentación del agua de drenaje de mina, antes de la descarga a la quebrada Auquín.	293 453	8 831 928	4449
E-02	Salida de la poza de sedimentación del agua de escorrentía de la desmontera, antes de la descarga a la quebrada Chanquillo.	292 240	8 832 318	4431
MEF-01	Salida de la poza de sedimentación Niv 440, antes de su descarga a la Quebrada Chanquillo	294 200	8 832 527	4500

(1) Datum PSAD 56 – Zona 18L

Fuente: Elaboración propia

- Los parámetros de las aguas superficiales considerados para el muestreo serán evaluados de acuerdo a los ECA para la categoría 3, asimismo para los efluentes mineros serán los que establece la normativa vigente.

### 5.3.2.3 Manejo y Disposición Final de Lodos de Perforación

- El agua en las actividades de exploración es usada en la perforación para refrigerar la broca y estabilizar las paredes del taladro. De acuerdo al retorno de la perforación se define la necesidad de contar con pozas de sedimentación en cada plataforma de perforación. Las pozas de sedimentación se ubicarán en un lugar cercano a la plataforma de perforación, pero lejos de sitios donde se pudiera generar impactos no deseados en el ambiente. Estas serán recubiertas con geo membrana o plástico para reducir el consumo de agua superficial. La construcción de la poza de lodos evita la erosión hídrica que podría generarse al descargar los lodos al ambiente y el arrastre de finos hacia los cuerpos de agua superficial.

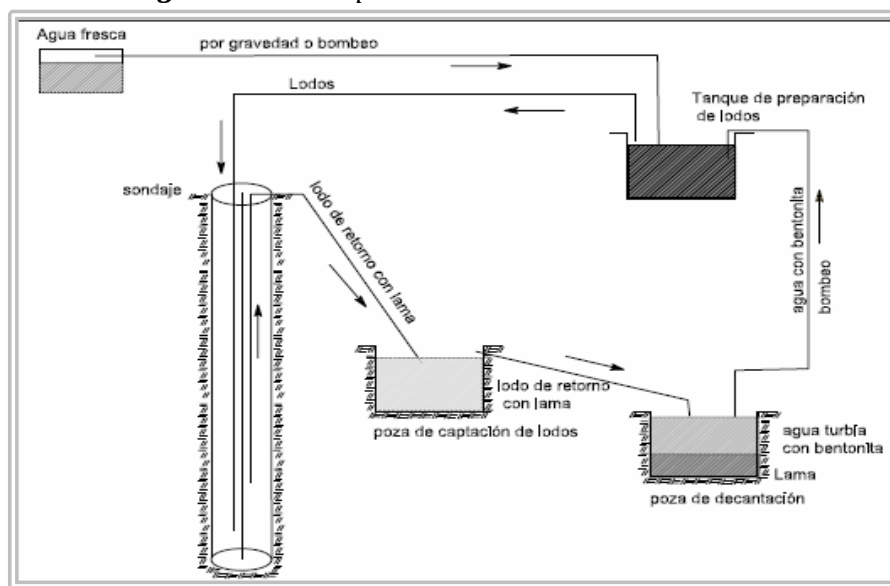


- Estos lodos se controlarán mediante la decantación en las indicadas pozas de sedimentación, de modo que el efluente final quede libre de sólidos en suspensión. El líquido sobrenadante será recirculado hacia el pozo de perforación. Al cierre de la poza de lodos, la geo membrana será retirada y luego se clausurará la poza.
- Para el cierre de las pozas de lodos de perforación, se deberá asegurar que la poza no presente derrames de hidrocarburos, así como la ausencia de trapos absorbentes u otro tipo de trapo industrial.
- Una vez que la poza esté completamente seca y drenada se procederá a su recubrimiento con el mismo material que se extrajo durante su construcción, buscando cerrarlo con características semejantes a las encontradas inicialmente.
- La utilización y dosificación de los aditivos de perforación depende de las condiciones observadas durante la perforación, pudiendo darse el caso de no utilización o utilización mínima. En general, la dosificación de los aditivos de perforación está dada como un porcentaje en volumen del agua circulante, no excediendo aproximadamente del 5% en ningún caso.
- Las pozas se utilizarán sólo para la disposición de fluidos y aguas producidas por las operaciones de perforación.

Las medidas de manejo para este aspecto son las siguientes:

- En la perforación diamantina se utilizará aditivos biodegradables.
- Una vez que los materiales en las pozas hayan secado lo suficiente (detritus, lama y aditivos de perforación), se procederá a cubrir la poza con el mismo material extraído, perfilado conforme a la superficie natural del terreno y de ser el caso se revegetará con especies nativas.

**Figura N° 5.1: Esquema de la recirculación de lodos**



Fuente: Elaboración propia

#### 5.3.2.4 Manejo y Disposición Final de Aguas Residuales Domésticas

Para el caso del manejo y disposición final de las aguas residuales domésticas, así como de la infraestructura de servicios higiénicos en el campamento de exploración, las aguas residuales domésticas a ser generadas serán conducidas y descargadas por un sistema de alcantarillado y tratamiento sanitario, conformado por un tanque séptico, con un pozo de percolación, ubicado lejos de los cuerpos de agua, instalado sobre un área de aproximadamente  $6.0 \text{ m}^2$  ( $3.0 \text{ m} \times 2.0 \text{ m}$ ) y  $2.0 \text{ m}$  de profundidad, que deberá ser implementado para prevenir y evitar la contaminación de eventuales fuentes de abastecimiento de agua, ya sean superficiales o subterráneas.

##### 1. Tanque Séptico y Pozo de Percolación

El tanque séptico y el pozo percolador a ser construidos, serán depósitos fabricados de material noble y cubiertos de losas de concreto armado. El sistema permitirá la sedimentación del material orgánico, mientras que los pozos percoladores serán fabricados de muros de albañilería armada (bloquetas de concreto) para permitir su percolación, el piso y el techo serán de losas de concreto armado. Perimetralmente los pozos de percolación llevarán un anillo de recubrimiento de grava limpia, de tal forma de permitir que los fluidos producto de la filtración queden en estado de ser reutilizables para el riego de plantas. El proceso comprenderá lo siguiente:



- Los sólidos transportados por el sistema de alcantarillado y presentes en el agua residual doméstica o aguas servidas, serán depositados en el tanque séptico donde se sedimentarán formando una capa de lodo orgánico en la parte inferior del tanque. El mantenimiento, limpieza y evacuación de lodos generados, se encargará a una EPS - RSP.
- El agua residual decantada y libre de sólidos en suspensión que se encuentra entre la capa de fango y la espuma, fluirá hacia la superficie de drenaje y posteriormente pasará a los pozos de percolación para su filtración.
- La materia orgánica que queda retenida en la parte inferior del tanque, sufrirá un proceso de descomposición anaeróbica y facultativa.
- Aunque la descomposición anaeróbica y facultativa, reduce permanentemente el volumen de la materia sólida acumulada en el fondo del tanque, siempre existe una acumulación neta de lodo que conviene ser mantenida siempre en forma periódica, ya que son esos fangos o lodos, los que van a tener una actividad biológica muy alta, ya que van a reducir la carga y degradar los sólidos almacenados.

## **2. Baño Químico Portátil**

En las inmediaciones de la bocamina se utilizarán como servicios higiénicos un baño químico portátil, para el uso sanitario de los desechos poblacionales de los trabajadores de turno, el mismo que periódicamente será limpiado y mantenido por el concesionario o proveedor de dicho servicio sanitario.

## **3. Manejo de Residuos Sólidos del Baño Químico Portátil**

Para reducir o eliminar impactos producidos por la generación de residuos sólidos del baño químico portátil, se implementará los siguientes procedimiento y sistema de control para la protección ambiental:



- ✓ En el área de laboreo minero del proyecto de exploración, se tendrá un reducido número de trabajadores por cada guardia o turno de trabajo; para el manejo y control de dichos residuos;
- ✓ Se cumplirán los procedimientos establecidos por el proveedor de los baños químicos.

Se debe aclarar que el servicio higiénico químico portátil no generará ningún efluente. El manejo y disposición final de los lodos generados por el baño químico portátil, será realizado por el proveedor, en razón de tener y contar con las autorizaciones respectivas.

#### **5.3.2.5 Manejo y Disposición Final de las Aguas Residuales**

Ante la eventualidad que la apertura de las nuevas labores mineras subterráneas consideradas en el programa de exploración (Continuación de la Cortada 3888 – Nivel 4458, Galerías, Rampas, Ventanas, Chimeneas, etc.), incremente el caudal del drenaje del agua de mina, el procedimiento a ser implementado para el manejo y control de aguas de drenaje y escorrentías respectivamente, será la siguiente:

##### **1. Agua de Mina Generada por las Rampas**

La generación de aguas de mina por la excavación de las rampas de exploración, serán captadas en una pequeña poza de bombeo e impulsada mediante bombeo (Bomba sumergible Tipo Fly) y a través de una tubería de PVC de 4" de diámetro hasta la cuneta del Nivel 4458, por donde será evacuada por gravedad (pendiente de 5/1000) hasta la superficie (bocamina) a través de la cuneta de drenaje prevista (0.3 m x 0.3 m), para luego ser transportada por medio de una tubería de HDPE de 6" de diámetro hasta la poza de sedimentación del agua de mina, donde será tratada.

##### **2. Agua de Mina Generada por las Labores del Nivel 4458**

La generación de aguas de mina por la excavación de las diferentes labores mineras subterráneas emplazadas en el Nivel 4458 (Cortada, Galerías, Ventanas, Chimeneas, etc.), serán evacuadas hasta superficie (bocamina) por gravedad (pendiente



de 5/1000) a través de la cuneta de drenaje prevista (0.3 m x 0.3 m), para luego ser transportada por medio de una tubería de HDPE de 6" de diámetro hasta la poza de sedimentación del agua de mina, para su tratamiento.

En la siguiente figura de la sección transversal típica siguiente y que corresponde a la construcción de la Cortada 3388, Nivel 4458, se puede observar la posición y dimensiones que tendrá la cuneta de drenaje, capaz de poder soportar caudales significativos de agua de mina que pudiera alumbrar la excavación de la citado labor minera subterránea (Cortada), en la cual se deberá siempre mantener limpia. Las características técnicas de la Cortada 3388 – Nv 4458 son las siguientes (sección típica):

**Cuadro N° 5.16:** Características técnicas de la cortada 3388 – Nv. 4458

Requerimiento	Cantidad
Longitud Total	150.00 m
Longitud Programada en el EIASd	150.00 m
Sección	2.4 m. x 2.4 m. (5.76 m <sup>2</sup> )
Pendiente	0.5 % (5/1000)
Coordenadas UTM de Bocamina	N 8 831 889
	E 293 455
Volumen de Material a Romper (Sólido)	576.00 m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia

### 3. Sistema de Tratamiento de Aguas de Mina de la Cortada 3888, Nivel 4458

Las medidas de control y mitigación de impactos por las aguas de mina, serán las siguientes en razón que se tiene prevista la construcción de una poza de sedimentación con dimensiones calculadas de acuerdo a la proyección del caudal de agua que saldrá por la bocamina, donde ésta agua drenará por gravedad, en razón de tener una cuneta de drenaje con una pendiente de 5/1000 hasta la bocamina:



- Las dimensiones consideradas para la construcción de la poza sedimentadora será de aproximadamente  $22.50 \text{ m}^2$ , la misma que ha sido diseñada teniendo en cuenta los parámetros de cálculo hidrológico en la zona de emplazamiento de las labores mineras subterráneas. Sin embargo, ante la eventualidad de presentarse un mayor caudal de agua con la profundización de las labores de exploración minera y tener necesidad de mayor volumen para el tratamiento del agua de drenaje de mina, se podría implementar la construcción de otras pozas de sedimentación gemelas y adyacentes a la primera, lo cual permitiría duplicar el volumen de tratamiento para la citada agua de drenaje de mina.
- En la poza sedimentadora se reducirá la velocidad de ingreso del efluente, para que éste no cree turbulencia y no remueva el material sedimentado y por el contrario, permita la sedimentación de partículas suspendidas hacia el fondo y el agua clarificada suba hacia la superficie, permitiendo un drenaje por rebose.
- Las dimensiones de diseño han sido estimadas en función al probable caudal a ser generado y que permita un adecuado y suficiente tiempo de sedimentación y clarificación del agua.
- Se implementará el monitoreo de un punto de control de Código “E-01”, que estará ubicado a la salida de la poza de sedimentación de agua de mina, antes de la descarga hacia la quebrada Auquín, que servirá para controlar la calidad de las aguas que se descargarán al medio ambiente, la frecuencia y parámetros de muestreo estarán de acuerdo a lo regulado por el DS N° 010-2010-MINAM.
- El mantenimiento y limpieza será periódica, manual y los lodos serán evacuados hacia el depósito de desmonte.

#### **5.3.2.6 Medidas a Tomar en Caso de Interceptar un Acuífero Durante las Actividades de Exploración**

En lo que concierne al fracturamiento de las rocas sedimentarias y volcánicas en la zona de estudio, el sistema (dimensiones, extensión, etc.) no tiene condiciones aparentes para el almacenamiento y flujo de aguas subterráneas en gran escala. Estas están asociadas a los patrones de las estructuras generadas por el tectonismo y son





rutas preferentes de flujos debido a las cargas hidráulicas de las precipitaciones pluviales, y se hace evidente en los pocos y pequeños afloramientos de agua subterránea encontrados en la zona de estudio, los cuales se encuentran lejos del área efectiva de exploración.

Se ha previsto que durante la ejecución de la Cortada 3888, Nivel 4458 y aproximadamente entre la progresiva 95.0 a 105.0 metros, esta labor cruce por debajo de la proyección horizontal de la quebrada Auquín. En consecuencia, se podría prever un impacto mínimo en la cantidad y calidad de las mismas.

Asimismo, como parte del estudio hidrogeológico del área del proyecto se utilizó el software Slide 5.0 para modelar la infiltración del agua de la quebrada Auquín sobre la Cortada 3888, ya que está en algún momento de su avance cruzará por debajo de la primera. Para el modelamiento se consideró que el macizo rocoso tiene una sección uniforme en la labor minera subterránea (Cortada 3888) cuya estabilidad física deberá ser analizada después de ser realizada su evaluación geo mecánica en el tramo comprendido en el cruce. Los resultados del modelamiento con los parámetros considerados resultan indicando que habrá un flujo de agua de infiltración hacia la citada cortada, de aproximadamente 0.17 l/s por un metro. Este valor fue hallado considerando un tirante de agua igual a 0.50 cm sobre el lecho del río.

Por tal motivo, se impermeabilizará el cauce (lecho) de la quebrada Auquín en una longitud comprendida entre los 10.0 m aguas arriba y 10.0 m aguas abajo del cruce con la citada cortada de exploración, lo cual contribuirá para evitar alterar las aguas subterráneas y superficiales de la zona circundante, así como también minimizar una infiltración excesiva hacia la cortada de exploración, habida cuenta que la abertura de esta última propiciará que funcione como un dren.

#### **5.3.2.7 Ubicación de las Instalaciones Respecto a Bofedales, Manantiales, Etc.**

Las instalaciones auxiliares, así como las bocaminas de laboreo minero subterráneo y plataformas de perforación, se ubicarán a más de 50.0 metros distantes y alejadas de los sistemas de cuerpos de agua (quebradas y manantiales), de tal forma de no impactar dichos tipos de cuerpos de agua.



Se tomarán las medidas necesarias para evitar que los componentes auxiliares de las actividades de exploración no se encuentren cerca de bofedales o a menos de 50.0 metros de distancia y sobre todo, que éstos disturben áreas de los bofedales.

### 5.3.3 PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL

El programa de monitoreo ambiental permitirá alcanzar el cumplimiento de las indicaciones y medidas preventivas y correctivas a fin de lograr la conservación y uso sostenible de los recursos naturales y el cuidado del medio ambiente durante la construcción y funcionamiento de la exploración proyectada.

El citado plan de monitoreo se llevará a cabo durante la etapa de operación del proyecto. No obstante, al cabo de un tiempo, se evaluará el plan de monitoreo implementado a la luz de los resultados obtenidos, y se definirá la necesidad de realizar modificaciones, las cuales serán previamente analizadas e informadas a la autoridad sectorial pertinente para su aprobación. Los objetivos específicos del plan de monitoreo son los siguientes:

- ✓ Conocer el efecto real causado por los efluente/emisiones y obras del proyecto, a través de mediciones en los componentes ambientales señalados más adelante;
- ✓ Verificar la efectividad de las medidas de mitigación propuestas;
- ✓ Detectar de manera temprana cualquier efecto no previsto y no deseado, de modo que sea posible controlarlo definiendo y adoptando medidas o acciones apropiadas y oportunas.

El programa de monitoreo en el área del proyecto considera el seguimiento en los siguientes componentes ambientales:

- ✓ Calidad de Aguas Superficiales;
- ✓ Efluentes.

La calidad de las aguas superficiales se monitoreará considerando la regulación de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua, que incluyen: parámetros generales (pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, temperatura), TSD, TSS, metales totales, y



cianuro wad. A continuación se muestran los puntos de monitoreo establecidos y seguidamente se muestra las características básicas de estos monitoreos.

**Cuadro N° 5.17: Puntos de muestreos de la calidad de agua**

Código	Coordenadas UTM <sup>(1)</sup>		Altitud (msnm)	Descripción
	Este	Norte		
CW-01	294 593	8 832 419	4532	Quebrada Chanquillo aguas arriba de la relavera (pasivo ambiental)
CW-04	293 336	8 832 120	4449	Quebrada Auquin aguas abajo del proyecto Chiptaj
CW-05	293 590	8 831 575	4464	Quebrada Auquin aguas arriba del proyecto Chiptaj
CW-06	291 929	8 832 446	4409	Quebrada Chanquillo, aguas arriba de la estancia Chanquillo.

(1) Datum PSAD 56 – Zona 18L

Fuente: Elaboración propia

- ✓ El muestreo, la preservación de las muestras y los análisis de laboratorio se realizarán según el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua (MINEM 1994);
- ✓ El monitoreo de la calidad de las aguas superficiales se llevará a cabo con una frecuencia trimestral según lo regulado por el D.S. N° 002-2008-MINAM;
- ✓ Los parámetros a ser analizados estarán de acuerdo a lo regulado por la D.S. N° 002-2008-MINAM, Categoría 3,
- ✓ Se prevé monitorear los efluentes mineros después de su tratamiento en la poza de sedimentación del nivel 440 y antes de su vertimiento a la quebrada Chanquillo;
- ✓ El muestreo, la preservación de las muestras y los análisis de laboratorio se realizarán según el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua (MINEM 1994);
- ✓ El monitoreo de la calidad de los efluentes, estará de acuerdo a lo regulado en la D.S. N° 010-2010-MINAM;
- ✓ Los parámetros a ser analizados estarán de acuerdo a lo regulado por la DSN° 010-2010-MINAM (pH, caudal, Temperatura, Conductividad, Arsénico total, Cadmio Total, Cromo Total, Cobre Total, Hierro Disuelto, Mercurio Total, Plomo Total, TSS, Zinc, Turbiedad), con una frecuencia trimestral.



**Cuadro N° 5.18: Ubicación de Puntos de Monitoreo – Efluente**

Código	Descripción	Coordenadas UTM <sup>(1)</sup>		Cota msnm
		Este	Norte	
E-01	Salida de la poza de sedimentación del agua de drenaje de mina, antes de la descarga a la quebrada Auquin.	293 453	8 831 928	4449
E-02	Salida de la poza de sedimentación del agua de escorrentía de la desmontera, antes de la descarga a la quebrada Chanquillo.	292 240	8 832 318	4431
MEF-01	Salida de la poza de sedimentación Nv 440, antes de su descarga a la quebrada Chanquillo	294 200	8 832 527	4500

(1) Datum PSAD 56 – Zona 18L

Fuente: Elaboración propia

## 5.4 ACTIVIDADES DE CIERRE

### 5.4.1 CIERRE TEMPORAL

Los objetivos de cierre temporal difieren de los objetivos de cierre final porque, por definición, el cierre temporal no es una condición permanente y se espera que la mina vuelva a su condición de operación en un período no mayor de tres (3) años, sin embargo ante situaciones que puedan presentarse como riesgos inminentes o casos fortuitos de paralización de los trabajos a desarrollarse por situaciones externas se contará con un Plan de Manejo y Mantenimiento de los Componentes considerados como principales que puedan tener una implicancia significativa en el ecosistema donde se ha desarrollar el proyecto.

Las principales medidas contempladas en el Plan de Manejo y Mantenimiento del cierre temporal están dirigidas a una vigilancia permanente sobre los componentes que se crearon en esta etapa del proyecto, uno de los componentes de más importancia es el depósito de desmonte.

### 5.4.2 CIERRE PROGRESIVO

El cierre progresivo es beneficioso tanto para el ambiente como para el titular minero. Las actividades contempladas para esta etapa son:

- ✓ Plataforma de Perforación
- ✓ Accesos



Siempre y cuando el acceso no sea solicitado por la comunidad se procederán a ejecutar su cierre, el que se detalla a continuación.

### 5.4.3 CIERRE FINAL

Al final de la ejecución de las labores de exploración minera sobre las áreas del Proyecto de Exploración Chiptaj y de tomarse la decisión de no continuar con la etapa de explotación minera y por lo tanto decidir el cierre definitivo de la zona explorada por la puesta en marcha del proyecto, se implementarán las medidas definitivas que consistirán en las siguientes actividades. Se han considerado las siguientes actividades:

- **Desmantelamiento:** Los componentes cuentan con infraestructuras de material prefabricado, techo de calamina, algunos cercos perimétricos con malla de alambre, colocadas sobre plataformas de concreto; serán retiradas, limpiadas, clasificadas e inventariadas para su disposición final.
- **Demolición, recuperación y disposición:** Las plataformas de concreto cuentan con un alto de 0.15 m a 0.20 m en algunos casos; se demolerá con herramientas manuales, este desmonte de concreto será dispuesto en interior mina como relleno para estabilizar físicamente o en el depósito de desmonte.

## 1. Estabilidad Física

### a. Labores Mineras

Se han propuesto tapones de concreto para las bocaminas aperturadas, chimeneas. El espesor del tapón tendrá 0.50m que estará incrustada en la parte alta y baja hasta 0.30m. Se rellenará con material de desmonte extraída de la corona del depósito principal.

### b. Depósito de Desmonte

Los depósitos de desmonte guardarán perfiles simétricos a los de la topografía del sistema. Se conservarán los ángulos de reposo del material, la altura máxima de este



depósito está asegurada debido al ángulo de reposo propuesto ( $30^\circ$  a  $35^\circ$ ), se reperfilará y compactará antes de colocar la cobertura.

### **c. Otras Infraestructuras Relacionadas del Proyecto**

Una vez retirados las estructuras de material prefabricado y el desmonte de concreto, producto de la demolición, estas áreas serán limpiadas y se procederá a reperfilar, teniendo como referencia la topografía que rodea el entorno. El objetivo es guardar ciertas similitudes con respecto a las pendientes naturales.

## **2. Estabilidad Geoquímica**

Los objetivos del sistema de cobertura y revegetación son:

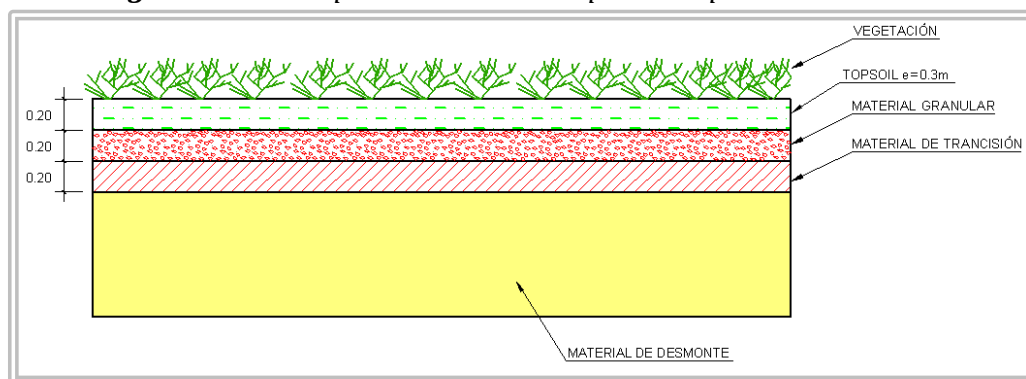
- ✓ Mitigar o prevenir la erosión de los botaderos de desmonte mina;
- ✓ Prevenir la descarga de sedimentos a los cursos de agua;
- ✓ Prevenir la posible falla de taludes;
- ✓ Reducir la infiltración de agua y la generación de drenaje ácido;
- ✓ Restaurar las áreas verdes que existían antes de la actividad minera y con ello mejorar la armonía con la naturaleza y el aspecto paisajístico de la zona.

Se colocará cobertura en los siguientes componentes:

### **a. Depósito de Desmonte**

La cobertura debe asegurar una estabilidad permanente en el tiempo, reperfilando guardando pendientes similares a los de la topografía existente.

**Figura N° 5.2: Propuesta de Cobertura para el depósito de desmonte**



Fuente: Elaboración propia

#### **b. Trinchera Sanitaria**

Se ha considerado el empleo de cal, a fin de eliminar vectores, neutralizando la carga orgánica.

#### **c. Poza de Sedimentación**

Se ha propuesto un relleno con material de desmonte seguidamente cubierto con topsoil ( $e=0.10$  m), posteriormente revegetar con ichu.

#### **d. Otras Infraestructuras Relacionadas con el Proyecto**

Una vez reperfilado las áreas de todos los componentes auxiliares del proyecto de exploración asemejando su relieve a un relieve típico de la zona, se procederá a colocar una capa de suelo de 0.10 m sobre la cual se revegetará con ichu, flora típica de la zona.

### **3. Estabilidad Hidrológica**

El depósito de desmonte contará con canales de coronación, diseñados bajo criterios críticos, siendo su objetivo es captar las aguas de cotas superiores y derivarlas hacia los lados adyacentes del depósito.



#### **5.4.4 MANTENIMIENTO Y MONITOREO POST CIERRE**

El mantenimiento de los componentes cerrados empieza una vez concluida la etapa de cierre final.

##### **1. Mantenimiento Físico**

Son las obras que se realizarán en los componentes rehabilitados (con cobertura), van de la mano con las inspecciones visuales de ser necesarios, si el sistema responde favorablemente estas obras de restablecimiento serán mínimas. Será un cuidado pasivo.

##### **2. Mantenimiento Geoquímico**

De presentarse algún tipo de erosión sobre la cobertura colocada en el depósito de desmonte, será remediado. No se generará ningún efluente.

##### **3. Mantenimiento Hidrológico**

Se realizarán inspecciones visuales y posteriormente limpieza de canales cada semestre en la zona se encapsuló el depósito de desmonte.

##### **4. Monitoreo de Estabilidad Física**

Los monitoreos deben ser por periodos de 06 meses, para precisar con exactitud la eficiencia de las medidas tomadas. Para el monitoreo en el área ocupada por el depósito de desmonte, área rehabilitada, se hará uso de una estación total la cual visará cada uno de los hitos obteniendo de los puntos de control topográfico establecidos, que serán contrastados en un plano de replanteo y se establecerán si hubo o no desplazamientos.





## 5. Monitoreo Geoquímico

Se ha propuesto llevar a cabo monitoreos semestrales en el recurso agua, el monitoreo será semestral por un periodo de 05 años después del cierre y será evaluada según el D.S. N° 002-2008-MINAM CATEGORÍA 3.



## CAPÍTULO VI

### 6.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

---

#### 6.1 CONCLUSIONES

- a) Las altitudes donde se emplaza el Proyecto de Exploración Minera Chiptaj varían entre los 4300 y 5200 msnm, dentro de la cuenca del río Pativilca, presentando una topografía clásica resultante de la erosión glacial, con valles glaciares, lagunas y pequeñas pampas que representan antiguas lagunas hoy desecadas. También se observan morrenas y abundante material fluvioglacial, presenta elevaciones determinadas por cumbres de cerros de gran altitud tipo cordillera, con elevaciones sobrepasan los 5100 msnm, con laderas de fuertes pendientes y valles de origen glacial.
- b) En el área de estudio se pudo identificar las siguientes unidades geomorfológicas: cerros y lomadas cordilleranas, valles glaciares, lagunas y riachuelos, laderas y quebradas. En el ámbito del proyecto se localiza en la ecorregión Puna (Brack 1968), dicha zona corresponde a los parajes altos y fríos de la cordillera de Los Andes, contando con una topografía accidentada, con áreas onduladas y/o aplanadas debido a la presencia de cadenas de quebradas y cerros. El área de estudio comprende dos zonas de vida. Tundra Pluvial – Alpino Tropical (tp-AT) y Páramo muy Húmedo – Sub Alpino Tropical (pmh-Sat).
- c) En términos generales los suelos del área de estudio presentan mínimo a ligero desarrollo edafogénico. En las laderas de montañas así como en las planicies onduladas rocosas, se han diferenciado Entisols, Inceptisols, Mollisols e Histosols.
- d) Considerando el sistema de clasificación de tierra por capacidad de uso mayor, en términos generales, los suelos de la zona pertenecen al grupo de tierras aptas para pastos, así como, tierras de protección (tierras no aptas para ningún uso económico).



- e) El régimen pluviométrico se distribuye en dos épocas bien marcadas, la de estiaje y la de lluvias. La época de lluvias se produce entre los meses de octubre y abril, llegando a su pico entre los meses de enero y marzo. La época de estiaje se da entre los meses de mayo y setiembre, siendo el mes de julio el más seco.

*Precipitación total media mensual en microcuenca Chanquillo*

Precipitación	Precipitación Total Media Mensual (mm)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Promedio	174.2	186.4	218.0	102.8	39.6	18.5	11.3	25.9	53.5	105.7	112.6	140.7
Máximo	331.8	327.5	381.4	197.7	134.1	78.4	52.9	99.4	139.6	242.4	239.0	251.4
Mínimo	84.5	66.7	90.9	35.8	0.0	0.0	0.0	0.0	13.1	10.7	28.0	44.6

Fuente: Elaboración propia

- f) En general se tiene que el mes más frío es el de julio y el más caluroso el de setiembre. Cabe resaltar que las diferencias son pequeñas entre las diversas medias mensuales. La menor temperatura mínima media mensual se produce en el mes de julio, coincidiendo con las menores precipitaciones, y la mayor entre los meses de enero y marzo. La mayor temperatura máxima media mensual se produce en el mes de agosto, y la menor en el mes de febrero.

*Temperatura mensual en microcuenca Chanquillo*

Temperatura	Temperatura Media Mensual (°C)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Media	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4	2.3	2.3	2.4	2.5	2.5	2.4	2.4
Máxima	7.1	7.0	7.1	7.4	7.8	7.8	7.9	8.2	8.1	7.8	7.5	7.4
Mínima	-2.4	-2.3	-2.4	-2.6	-3.1	-3.2	-3.3	-3.3	-3.1	-2.8	-2.7	-2.5

Fuente: Elaboración propia

- g) La mayor evapotranspiración potencial se presenta en el mes de agosto y la menor tasa de evapotranspiración se produce en el mes de febrero.

*Evapotranspiración potencial total media mensual en microcuenca Chanquillo*

Evapotranspiración	Evapotranspiración Potencial Total Media Mensual (mm)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Media	62.0	54.2	58.3	58.3	61.9	60.1	64.0	68.5	67.6	68.4	66.2	64.7

Fuente: Elaboración propia



- h) La humedad relativa tiene sus máximos valores entre los meses de enero y marzo coincidiendo con las mayores precipitaciones que se dan en el lugar y julio es el mes con menores valores de humedad relativa coincidiendo con las menores precipitaciones.

*Humedad relativa media mensual*

Humedad Relativa	Humedad Relativa Media Mensual (%)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Media	71.1	72.9	73.7	68.4	61.4	55.9	53.5	53.5	56.7	62.1	62.9	67.6
Máxima	83.9	83.1	84.0	79.9	69.3	65.5	68.4	64.5	65.5	77.0	76.1	83.8
Mínima	60.6	63.5	61.6	59.7	47.2	40.4	34.7	42.4	41.4	52.0	50.1	54.9

Fuente: Elaboración propia

- i) La mayor nubosidad se presenta entre los meses de diciembre y marzo coincidiendo con la época de lluvias. La mayor cantidad de horas de sol se da entre los meses de mayo y agosto.
- j) Sobre los resultados obtenidos en el monitoreo realizado durante el trabajo de campo realizados en el mes de marzo del año 2010, con la participación de CIMM PERÚ S.A., para este estudio ambiental se puede observar que los valores reportados por el laboratorio para los parámetros de campo, se encuentran por debajo de las ECA de agua Categoría 3 y las concentraciones de Oxígeno Disuelto nos indican que las aguas se encuentran con buena oxigenación, ya que presentan una concentración superior al valor mínimo regulado por las ECA.
- k) Los valores reportados para el análisis de parámetros fisicoquímicos de todas las estaciones de monitoreo, se encuentran por debajo de los valores límite regulados por la ECA de agua categoría 3, excepto para las estaciones CW-01, CW-02, CW-03 y CW-06, que tienen concentraciones de hierro por encima de lo regulado en las ECA para agua, y las estaciones CW-02 y CW-06 que tienen concentraciones de manganeso por encima de los regulado en los Estándares de Calidad de Aguas.



- l) Evidentemente las concentraciones del parámetro Fe por encima de los valores permisibles, se debe a la presencia de arcillas conteniendo hierro (limonitas y limolitas) en el área del proyecto, sumado a la temporada de avenidas (precipitaciones pluviales) en la cual se ha realizado el monitoreo, que vulneran la alta sensibilidad física de los suelos, produciendo el arrastre de suelos conteniendo dicho parámetro. Asimismo, los valores del parámetro manganeso sobrepasando ligeramente los valores límite, se debe a la presencia de horizontes de rocas calcáreas en el entorno del proyecto, especialmente calizas del tipo dolomita.
- m) Los resultados de la evaluación para calidad de cuerpos receptores en época de estiaje, se observa que los parámetros evaluados en los puntos de monitoreo, se encuentran por debajo de los ECA establecidos para la categoría 3 (Aguas para bebida de animales y riego de vegetales), a excepción de la concentración de hierro en el punto de monitoreo CW-1, en el que se superó levemente el estándar correspondiente durante el monitoreo realizado en Mayo del 2010.
- n) En el área de influencia del Proyecto de Exploración Minera Chiptaj existen diferentes tipos de unidades hidrogeológicas, siendo estas:
- ✓ Acuífero o Acuitardo Fisurado: Grupo Calipuy
  - ✓ Acuífero Fisurado: Grupo Goyllarisquizga (Chimu, Santa, Carhuaz, Farrat)
  - ✓ Acuitardo Kárstico: Unidad Calcárea (Inca O Pariahuanca, Chulec, Pariatambo)
  - ✓ Acuitardo Detrítico No Consolidado: Cuaternario (Depósitos Morrénicos)
  - ✓ Acuitardo Detrítico: Cuaternario (Depósitos Aluviales)
- o) En el Proyecto de Exploración Minera Chiptaj, se emplearan dos (02) métodos de trabajos. El primero de ellos será mediante exploraciones subterráneas y el segundo a través de exploraciones superficiales (perforaciones diamantinas). Para las perforaciones desde superficie se considera ejecutar un programa de veintiocho (28) perforaciones diamantinas con un estimado total de 7455 metros a partir de diecisiete (17) plataformas de perforación de 10 x 5.0 metros. Para las exploraciones subterráneas se ha considerado continuar la ejecución de la labor minera subterránea convencional iniciada durante la fase exploratoria (DIA), a la que se le ha denominado Cortada 3888 – Nivel 4458, así como la apertura de 08 nuevas labores.



- p) Si el resultado de la exploración fuera positivo y se identifique reservas minerales con interés económico, y suficientes para pasar a una etapa de explotación minera subterránea, varios de los componentes desarrollados/construidos quedarán como parte de las instalaciones, para dicho fin y serán exclusivos del cierre lo que se informara a la autoridad minera. En caso contrario a lo señalado, se implementará el cierre definitivo de todos y cada uno de los componentes de exploración aperturados como parte de este proyecto.
- q) Entre las principales actividades de exploración que pueden originar impactos ambientales al recurso hídrico, son: Generación de drenaje ácido en el depósito de desmonte, drenaje de las labores subterráneas, generación de lodos por perforación diamantina y transporte de sustancias peligrosas (aceites, combustibles, químicos, etc.).
- r) Según la evaluación ambiental realizada, el proyecto sin obras de control hídrico representará alteración negativa leve sobre los volúmenes de agua y alteración **negativa grave** de la calidad de esta.
- s) **Se han previsto y diseñado dispositivos de control preventivo como sistemas de drenajes superficial y subterráneo, pozas de sedimentación, etc. que evitan potenciales impactos negativos, y por lo tanto la evaluación ambiental del proyecto considerando estas obras da como resultado que el Proyecto de Exploración Minera Chiptaj no presentará alteraciones sobre los volúmenes de agua ni alteraciones negativas de la calidad de esta en un nivel significativo.**
- t) Se elaboró un plan de manejo ambiental hídrico el cual incluye los siguiente:
- ✓ Plan de medidas de prevención y mitigación hídrica.
  - ✓ Programa de monitoreo ambiental hídrico.
  - ✓ Plan de contingencias hídrico.

El programa de monitoreo hídrico en el área del proyecto considera el seguimiento de la calidad en los siguientes componentes ambientales: Calidad de Aguas Superficiales; Efluentes.



- u) Las labores del post cierre, comprenderán la implementación y seguimiento del plan de vigilancia y control sobre los componentes de calidad de agua superficial y subterránea, durante el tiempo de doce (12) meses, es decir, un año.

## 6.2 RECOMENDACIONES

- a) Si las evaluaciones mineralógicas y económicas del proyecto son favorables Implementar una estación meteorológica en el área de estudio con la finalidad de recolectar información para las etapas de explotación y cierre.
- b) Realizar aforos en las fuentes hídricas analizadas con la finalidad de recolectar información que sirva para mejorar los modelos de precipitación – escorrentía, desarrollados en la presente tesis.
- c) Realizar estudios más profundos de hidrogeología y geoquímica, que involucren trabajos de perforación, pruebas hidrodinámicas, obtención de muestras de suelo y/o roca representativas del área de estudio, ensayos estáticos y cinéticos de las muestras recolectadas.



## 7.0 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- ALIAGA ARAUJO, Eduardo Vito, Tratamiento de Datos Hidrometeorológicos, Lima, 1983.
- APARICIO MIJARES, Francisco Javier, Fundamentos de Hidrología, México D.F., 1992.
- BMB Consulting, Declaración de Impacto Ambiental del Proyecto de Exploración Minera Chiptaj, Lima, 2010.
- BRACK, A. & C. Mendiola, Ecología del Perú, Ed. Bruño, PNUD, 2000.
- BRACK, Las Ecorregiones del Perú, En Boletín de Lima Año 8, N-44, Lima, 1986.
- CHOW, MAIDMENT, MAYS, Hidrología Aplicada, Bogotá, Mc-Graw Hill Interamericana, 1994
- CHOW, Ven Te, Open Channel Hydraulic, New York, Mc-Graw Hill, 1959.
- COLLINS David – RANZI Roberto – DE JONG Carmen, Climate and Hidrology in Mountain Areas, Londres, 2005.
- Estudio Hidrológico del Perú, IILA – SENAEMI – UNI, 1980
- FAO, Guía para la Determinación de los Requerimientos de Agua en los Cultivos.
- INGEMMET, Geología del Perú, Boletín, 1995.
- INRENA, Mapa Ecológico del Perú, Lima, Segunda Edición, 1994.
- INRENA, Mapa Ecológico del Perú. Guía Explicativa, Lima, 1995.
- MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS, Guía Ambiental para Estabilidad de Taludes de Desechos Sólidos de Mina, Lima, 1997.





- MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS, Guía para la Elaboración de Estudios de Impacto Ambiental, Lima, 1996.
- MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS, Guía para la Elaboración de Planes de Cierre de Mina, Lima, 2006.
- MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS, Guía para la Evaluación de Impactos en la Calidad de las Aguas Superficiales por Actividades Minero Metalúrgicas, Lima, 2007.
- MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS, Guía para la Elaboración de Programas de Adecuación y Manejo Ambiental, Lima, 1997.
- MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS, Guía para Relaciones Comunitarias, Lima, 2001.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE DE ESPAÑA, Anexo II – Análisis de los Caudales Diferidos en los Ríos, Valladolid, 2007.
- ONERN, Inventario y Evaluación Nacional de Aguas Superficiales, Lima, 1980.
- Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006.
- ROBB, Luis, Diccionario Para Ingenieros Inglés – Español, CECSA, 2000.
- ROMAIA S.A.C., Estudio de Hidrología del Proyecto de Exploración Chiptaj, Lima, 2010.
- ROMAIA S.A.C., Estudio de Hidrogeología del Proyecto de Exploración Chiptaj, Lima, 2010.
- ROMAIA S.A.C., Diseño del Depósito de Desmonte del Proyecto de Exploración Chiptaj, Lima, 2010.
- STREETER, WYLIE, Mecánica de los Fluidos, McGraw – Hill, 1979.



- USDA, Soil Survey Manual Handbook, 18 Ed. USDA, Washington, D.C., USA, 1993.
- USDA, Keys to Soil Taxonomy, Ed. USDA, Tenth Edition, Washington DC, USA, 2006.
- VILLÓN BEJAR, Máximo, Drenaje, Lima, 2005.